



Universidad Nacional Autónoma de MÉXICO  
Facultad de Ciencias

**"Diversidad de Ephemeroptera y Odonata de tres  
localidades del estado de Tlaxcala, México"**

**T E S I S**

PARA OBTENER TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A**

P R E S E N T A:

**ABARCA JUÁREZ PAULINA**

**Tutor: Dr. Atilano Contreras Ramos**

Ciudad de México

**2020**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

LIC. IVONNE RAMÍREZ WENCE  
Directora General  
Dirección General de Administración Escolar  
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Diversidad de Ephemeroptera y Odonata de tres localidades del estado de Tlaxcala, México**

realizado por **Paulina Abarca Juárez** con número de cuenta **109000426** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario M. en C. Enrique González Soriano

Propietaria M. en C. Alicia Rojas Ascencio

Propietario Dr. Atilano Contreras Ramos  
Tutor

Suplente Dra. Marysol Trujano Ortega

Suplente Biól. Rafael Enrique Barba Álvarez

A. Contreras R.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., A 24 DE ABRIL DE 2019

JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

## AGRADECIMIENTOS

A mi tutor principal, el Dr. Atilano Contreras Ramos, por sus consejos, su guía en la elaboración de esta tesis, su accesibilidad otorgada al brindarme un espacio en su laboratorio y hacerme parte de su equipo de trabajo, pero sobre todo por su enorme paciencia a lo largo del proyecto; por otro lado, le agradezco el acceso al material producto del trabajo de campo realizado por la estudiante Magali Luna Luna, quien me facilitó las muestras para la realización de este proyecto.

Mi agradecimiento especial para los sinodales Mtra. Alicia Rojas Ascencio, el Mtro. Enrique González Soriano, Biól. Rafael Enrique Barba Álvarez y la Dra. Marysol Trujano Ortega, por aceptar formar parte del jurado. Así mismo, le doy las gracias a mis profesores del taller nivel I y II: Marysol Trujano Ortega, Omar Ávalos Hernández y Moisés Armando Luis Martínez, quienes estuvieron al pendiente de mi proyecto y al tanto de todas las dudas que surgieron a lo largo del mismo, por sus consejos y comentarios; y a mis profesores de taller nivel III y IV: Dr. Eberto Novelo Maldonado, Dra. Rosa Luz Tavera Sierra, Guadalupe Vidal Gaona, por abrirme las puertas de su laboratorio, por su calurosa bienvenida al mismo, por su tolerancia y apoyo aún siendo mi trabajo ajeno a su rama, les estaré eternamente agradecida por la oportunidad que me brindaron.

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Quizás lo más difícil de escribir los agradecimientos personales es encontrar las palabras adecuadas, para poder expresar lo mucho que una persona puede estar agradecida, con la gente que estuvo cerca en un momento tan lleno de tensión, como lo es una tesis y, así mismo, la finalización de una carrera profesional, así que las siguientes líneas estarán carentes de formalidad.

Le estaré eternamente agradecida a mi familia por todo su apoyo, por estar conmigo cuando me caía (lo cual era muy frecuente); a mi padre, Noé Abarca Munguía, por impulsarme todo el tiempo con sus bromas, a mis hermanos por su comprensión a lo largo de mi carrera, ya que fueron ellos quienes más sentían mi ausencia; a mi madre, Paula Juárez, quien siempre estuvo detrás de mis pasos y a mi abuela, Edelmira Munguía, por todo su apoyo económico y sentimental.

Le doy gracias de forma especial al Biól. Rafael Barba y a la Mtra. Alicia Rojas, por sus consejos, su apoyo, por la orientación brindada a lo largo de mi servicio social y mi tesis, por las horas que le dedicaron a cada una de mis dudas, pero sobre todo, a su infinita sinceridad y su amistad que siempre fueron sinónimo de su enorme corazón, de verdad gracias por ser una inspiración, mil gracias por ser un magnífico ejemplo a seguir no solo para mí, sino para todos los estudiantes que trabajamos en el área de la entomología.

Le agradezco infinitamente a los docentes que me formaron a lo largo de la carrera, que fueron consejeros de mi formación académica y como ser humano; gracias por enseñarme tantas cosas y por transmitirme esta pasión que tengo por la biología, por mencionar algunos nombres: Héctor Gilberto Vázquez López, Alberto Vladimir Cachón Guillén, Álvaro Chaos Cador, Amadeo Luis Estrada Nieto, Álvaro Ulloa Benítez, Arturo García Gómez, Jorge Fernando Rojas Gutiérrez, Gerardo Rivas Lechuga, Rogelio Aguilar Aguilar, Jaime Jiménez Ramírez y por último a Rodolfo Novelo Gutiérrez por contestar mis correos llenos de dudas aún sin conocerme y apoyar mi trabajo.

Le doy gracias de igual forma a mis compañeros de cubículo, en especial a Adrian Ardila Camacho y Sara Lariza Rivera Gasperín, por su apoyo y sus consejos brindados a lo largo de mi proyecto, pero sobre todo a mis queridos amigos Andrea Abela, Benjamín Benítez, Nadine Salazar y a mi querido plecodinosaurio, Alfredo Mayorga, por las risas y momentos de apoyo que me dieron, por darme alientos y esperanzas cuando el trabajo se hacía demasiado pesado, pero sobre todo por su cariño y por su infinita sinceridad.

Le doy gracias a mis queridos amigos, con los cuales compartí salones de clases a lo largo de toda mi formación académica hasta el momento; a mi preciosa Cinthya Hernández, Estefany Arias, mi adorada Alejandra Gutierrez Cedillo, a mis queridos amigos de la prepa, Consuelo Vázquez Nochebuena, al Ing. Rolando Morales Ortiz y Oscar Calderón, a mis mejores amigos de la secundaria, Brenda Andrea Velázquez Valdez e Iván Espejel Rosas; la lista de nombres es enorme, pero no cabe duda que no hace falta mencionar los nombres de todos, al final de cuentas las amistades sinceras estarán presentes en mi vida siempre.

Por último, sin embargo no menos importante, le doy gracias al M. en C. Ulises López Mora, por alentarme a seguir mis sueños, aunque las condiciones no sean las mejores o las más favorables, por ser mi modelo a seguir y ser una figura de fortaleza ante las adversidades, sin duda alguna le llevaré con mucho cariño dentro de mi corazón para toda la vida.

A todos los que han formado parte de mi vida, y a la vida misma, por darme la oportunidad de concluir de forma exitosa mi licenciatura.

## DEDICATORIA

A mi hermosa madre, Paula Juárez Morales, quien me apoyó no solo a lo largo de mi carrera, sino por apoyarme toda la vida, por sus mil desayunos, por cada almuerzo que ponía para que me lo llevara a la escuela, por despertarme en las mañanas cuando mi cuerpo ya no se paraba ni por inercia, por su cariño y cada uno de sus abrazos, por sus regaños (que fueron muchos), pero que sin ellos no sería la persona que soy ahora, por preocuparse por mí sin importar que tuviera doce, quince, veinte o veintidós años. Por sus mil llamadas perdidas, por sus consejos de vida, pero sobre todo le doy gracias por ser una madre incondicional; me da gusto poder cumplir mi promesa mamá... porque cuando terminé la prepa te prometí que un día estarías orgullosa de mí, ese día mamá... es hoy.

“La felicidad está en la ignorancia de la verdad”

-Giacomo Leopardi

-Y si mi felicidad es un precio que debo pagar por  
saber estaré dispuesta a pagar por ello...

## Índice

1. Resumen
2. Abstract
3. Introducción
4. Antecedentes
  - 4.1 Orden Ephemeroptera
    - 4.1.1 Morfología de náyades
    - 4.1.2 Hábitat
    - 4.1.3 Ciclo de vida
    - 4.1.4 Distribución
    - 4.1.5 Estado actual del conocimiento del orden Ephemeroptera
  - 4.2 Orden Odonata
    - 4.2.1 Morfología de náyades
    - 4.2.2 Hábitat
    - 4.2.3 Ciclo de vida
    - 4.2.4 Distribución
    - 4.2.5 Estado actual del conocimiento del orden Odonata
5. Justificación
6. Hipótesis
7. Objetivos
  - 7.1 Objetivos generales
  - 7.2 Objetivos particulares
8. Método
  - 8.1 Área de estudio
    - 8.1.1 San Ambrosio Texantla
    - 8.1.2 San Tadeo Huiloapan
    - 8.1.3 Santa María Acuitlapilco
  - 8.2 Trabajo de campo
    - 11.2.1 Muestreos
  - 8.3 Trabajo de laboratorio
    - 8.3.1 Identificación
    - 8.3.2 Registro fotográfico
  - 8.4 Análisis de datos
    - 8.4.1 Base de datos
    - 8.4.2 Abundancia, riqueza y estacionalidad
    - 8.4.3 Curva de acumulación de géneros
    - 8.4.4 Análisis de diversidad alfa y beta
9. Resultados
  - 9.1 Orden Ephemeroptera
    - 9.1.1 Base de datos



**9.1.2 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

**9.1.3 Curva de acumulación de géneros**

**9.1.4 Diversidad alfa**

**9.1.5 Diversidad beta**

**9.2 Orden Odonata**

**9.2.1 Base de datos**

**9.2.2 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

**9.2.3 Curva de acumulación de géneros**

**9.2.4 Diversidad alfa**

**9.2.5 Diversidad beta**

**10. Discusión**

**10.1 Orden Ephemeroptera**

**10.1.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

**10.1.2 Curva de acumulación de géneros**

**10.1.3 Diversidad alfa**

**10.1.4 Diversidad beta**

**10.2 Orden Odonata**

**10.2.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

**10.2.2 Curva de acumulación de géneros**

**10.2.3 Diversidad alfa**

**10.2.4 Diversidad beta**

**11. Conclusión**

**12. Literatura citada**

**13. Anexos**

**Anexo I. Registro de los ejemplares de Ephemeroptera recolectados en las tres localidades de estudio.**

**Anexo II. Registro de los ejemplares de Odonata recolectados en las tres localidades de estudio.**

**Anexo III. Registro fotográfico de algunos géneros de Ephemeroptera.**

**Anexo IV. Registro fotográfico de algunos géneros de Odonata.**

## Lista de figuras

Figura 1. Mapa de cuerpos de agua de Tlaxcala (INEGI 2016).....	19
Figura 2. Sitio de estudio San Ambrosio Texantla. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha). .....	22
Figura 3. Sitio de estudio San Tadeo Huiloapan. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha). .....	23
Figura 4. Sitio de estudio Santa María Acuitlapilco. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha). .....	24
Figura 5. Ephemeroptera. Izquierda, abundancia relativa por géneros de San Ambrosio Texantla (otros: <i>Farrodes</i> y <i>Tricorythodes</i> ); derecha, riqueza de géneros por familia de San Ambrosio Texantla.....	30
Figura 6. Abundancia total y relativa de géneros del orden Ephemeroptera registrada en la localidad de San Ambrosio Texantla. ....	31
Figura 7. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera en San Ambrosio Texantla.....	32
Figura 8. Ephemeroptera. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Tadeo Huiloapan (otros: <i>Farrodes</i> y <i>Tricorythodes</i> ); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Tadeo Huiloapan. ....	32
Figura 9. Abundancias total y relativa de géneros del orden Ephemeroptera registradas en la localidad de San Tadeo Huiloapan.....	33
Figura 10. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera de San Tadeo Huiloapan. ....	34
Figura 11. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera de Santa María Acuitlapilco. ....	35
Figura 12. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de San Ambrosio Texantla.....	36
Figura 13. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de San Tadeo Huiloapan. ....	37
Figura 14. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de Santa María Acuitlapilco. ....	38
Figura 15. Dendrograma obtenido para el orden Ephemeroptera por el índice de Jaccard de las tres localidades muestreadas (SMA= Santa María Acuitlapilco; STH= San Tadeo Huiloapan; SAT= San Ambrosio Texantla).....	39
Figura 16. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Ambrosio Texantla, (Otros: <i>Enallagma</i> , <i>Erpetogomphus</i> , <i>Hesperagrion</i> , <i>Cordulegaster</i> , <i>Libellula</i> y <i>Remartinia</i> ); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Ambrosio Texantla.....	41
Figura 17. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata, registradas en la localidad de San Ambrosio Texantla. ....	42
Figura 18. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de San Ambrosio Texantla. ....	43
Figura 19. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Tadeo Acuitlapilco, (Otros: <i>Enallagma</i> , <i>Rhionaeschna</i> , <i>Anax</i> , <i>Archilestes</i> , y <i>Oplonaeschna</i> ); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Tadeo Acuitlapilco. ....	44

Figura 20. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata registradas en la localidad de San Tadeo Huiloapan. ....	45
Figura 21. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de San Tadeo Huiloapan. ....	45
Figura 22. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de Santa María Acuitlapilco, (Otros: <i>Anax</i> , <i>Hesperagrion</i> y <i>Remartinia</i> ); Derecha, Riqueza de géneros por familia de Santa María Acuitlapilco. ....	46
Figura 23. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata, registradas en la localidad de Santa María Acuitlapilco.....	44
Figura 24. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de Santa María Acuitlapilco. ....	47
Figura 25. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de San Ambrosio Texantla. ....	48
Figura 26. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de San Tadeo Huiloapan .....	49
Figura 27. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de Santa María Acuitlapilco .....	50
Figura 28. Dendrograma obtenido para el orden Odonata por el índice de Jaccard de las tres localidades muestreadas (SMA= Santa María Acuitlapilco; STH= San Tadeo Huiloapan; SAT= San Ambrosio Texantla).....	51

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Vegetación más representativa del estado de Tlaxcala (INEGI 2017).....	22
Tabla 2. Lista de géneros del orden Ephemeroptera encontrados en las tres localidades de muestreo.....	30
Tabla 3. Resultado de análisis Beta obtenido por Índice de Jaccard de las localidades. ....	39
Tabla 4. Lista de géneros del orden Odonata encontrados en las tres localidades de muestreo (San Ambrosio Texantla, San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco).....	40
Tabla 5. Resultado de análisis de diversidad beta obtenido por el índice de Jaccard entre las localidades de estudio. ....	51

## 1. RESUMEN

Se realizó un análisis de la diversidad alfa y beta de dos órdenes de insectos, Ephemeroptera y Odonata, de tres sitios de muestreo en el estado de Tlaxcala (San Ambrosio Texantla, San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco; el total de ejemplares identificados fue de 836 en el caso de Odonata y 2143 en el caso de Ephemeroptera. Los muestreos se realizaron bimensualmente durante un ciclo anual. Se inició en octubre de 2014 hasta agosto del 2015. De forma general, en el caso de Ephemeroptera el género más abundante fue *Americabaetis*, con 1730 ejemplares, y en el caso de Odonata, fue *Hetaerina*, con 449 ejemplares.

Palabras clave: Diversidad, Odonata, Ephemeroptera, Tlaxcala, náyades.

## 2. ABSTRACT

An analysis of the alpha and beta diversity of two orders of insects, Ephemeroptera and Odonata, from three sampling sites in the state of Tlaxcala (San Ambrosio Texantla, San Tadeo Huiloapan and Santa María Acuitlapilco; the total number of identified specimens was of 836 in the case of Odonata and 2143 in the case of Ephemeroptera. Sampling was carried out bimonthly during an annual cycle. It began in October 2014 until August 2015. In general, in the case of Ephemeroptera the most abundant genus was *Americabaetis*, with 1730 copies, and in the case of Odonata, it was *Hetaerina*, with 449 copies.

Keywords: Diversity, Odonata, Ephemeroptera, Tlaxcala, Naiad.

### 3. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica en términos generales es la riqueza o el número de especies en un lugar dado, la cual se puede medir de diferentes formas y representar a partir de diferentes parámetros; por ejemplo la diversidad alfa considera el número de especies de una localidad determinada, la diversidad beta se refiere al número de especies entre dos o más zonas de muestreo, es decir, la diversidad entre hábitats y, por último, la diversidad gamma se refiere al número de especies que se encuentran en una región dada.

Originalmente, la diversidad alfa fue caracterizada por Whittaker como el número de especies a escala local; es decir, diversidad dentro del hábitat (*within-habitat diversity*) (Halffter et al., 2005). La diversidad beta se refiere al reemplazo espacial de la identidad de las especies entre dos o más áreas (Halffter et al., 2005).

Los odonatos y los efemerópteros se encuentran relacionados filogenéticamente por su antigüedad sobre la Tierra y por su morfología con respecto a sus alas, las cuales no se pueden plegar sobre el abdomen, lo cual los agrupa en Palaeoptera, el grupo hermano de Neoptera (Tinaut & Pascual, 2006; Misof et al., 2014). En su etapa juvenil, estrictamente acuática, se llaman náyades, y en su fase adulta son alados en el ambiente terrestre. Ambos órdenes son bioindicadores importantes para la calidad del agua (Narcís et al., 2009), ya que dependiendo de la especie, llegan a tener mayor o menor resistencia a aguas turbias, concentración de materia orgánica, concentración de oxígeno, pH u otros parámetros ambientales, por lo que su presencia es variable en los distintos cuerpos de agua (Guerrero-Bolaño et al., 2003).

Ambos órdenes tienen registro fósil en el Carbonífero superior, hace más de 200 millones de años (Tinaut & Pascual, 2006). En la actualidad existen 6,650 especies de Odonata y 3,291 especies de Ephemeroptera registradas mundialmente (Zhang, 2013).

El orden Odonata se divide en tres subórdenes, Anisoptera, Anisozygoptera y Zygoptera (Corbet, 1999). En Zygoptera la cabeza se encuentra elongada transversalmente, mientras que en Anisoptera es más o menos esférica; en ella se encuentran los ojos compuestos, que en el caso de los zigópteros están dispuestos de manera lateral, mientras que en los anisópteros son de mayor tamaño y ocupan la mayor parte de la misma (González & Novelo, 2014). Los anisozigópteros son fósiles del Jurásico en su mayoría; pero hay dos especies de la familia Epiophlebiidae que viven (Rehn, 2003). Hay autores que dividen el orden sólo en dos subórdenes, Zygoptera y Anisoptera (Sánchez et al., 2009). Los efemerópteros se dividen en los subórdenes Pannota y Schistonota, donde se encuentra casi toda la diversidad actual (Gullan & Cranston, 2014).

El presente proyecto tiene como objetivos principales conocer la diversidad y la abundancia de las náyades de Odonata y Ephemeroptera en tres localidades del estado de Tlaxcala: San Ambrosio Texantla (ambiente lótico), San Tadeo Huiloapan (lótico) y Santa María Acuitlapilco (léntico), respectivamente. Este es el primer estudio en el estado de Tlaxcala que se enfoca particularmente en la diversidad alfa y beta de Odonata y Ephemeroptera en sus estados inmaduros (náyades), ya que solo se habían hecho pequeños estudios de limnología y de diversidad de Odonata en la etapa adulta.

## **4. ANTECEDENTES**

### **4.1 Orden Ephemeroptera**

#### **4.1.1 Morfología de náyades**

Las náyades de tipo campodeiforme tienen un aparato bucal funcional de tipo masticador, respiración por medio de traqueobranquias de forma generalmente laminar o plumosa, que se sitúan habitualmente en posición abdominal y en muy raras ocasiones en posición torácica o maxilar (Alba, 2004). La cabeza puede ser prognata o hipognata, con ojos compuestos y tres ocelos bien desarrollados (Alba, 2015) que difieren en comparación con el estado adulto, antenas cortas, ojos compuestos y un aparato bucal bien desarrollado (Gillot, 2005).

El tórax posee tres segmentos, pro, meso y metatórax, los dos últimos presentan botones alares (Costa et al., 2006); tienen patas que dependiendo del género, están modificadas para funciones especiales, tales como hacer madrigueras; tienen 10 segmentos abdominales visibles y los terguitos exhiben tubérculos o espinas posterolaterales (Merritt et al., 2008).

Poseen de cuatro a siete pares de traqueobranquias abdominales (Gillot, 2005). Muchas especies presentan tres filamentos caudales compuestos por un filamento terminal y dos cercos (Merritt et al., 2008).

Los efemerópteros son los únicos insectos en los que existe un estado intermedio, denominado subimago, entre la última fase larvaria y el adulto, el cual es similar al adulto, pero se diferencia de este último por los siguientes caracteres: alas opacas y provistas de pilosidad, patas y filamentos caudales de menor longitud que en el adulto y genitales no conformados totalmente (Alba, 2004).

### **4.1.2 Hábitat**

Las náyades se encuentran en casi cualquier tipo de cuerpo de agua, aunque su mayor abundancia y diversidad se encuentra en ríos, arroyos con fondo rocoso y agua bien oxigenada (Edmunds y Waltz, 1996). Los adultos viven desde unas pocas horas hasta algunos días, por lo que es difícil encontrarlos en la naturaleza, aunque es posible atraerlos a luces puestas cerca de los ríos, en especial durante el amanecer y anochecer (crepúsculo) (Springer et al., 2010).

Las náyades son siempre acuáticas, con diferente forma corporal asociada a la diversidad de hábitats en que se encuentran (Gillot, 2005). Viven tanto en ríos y arroyos (ambientes lóticos) como en lagos y estanques (ambientes lénticos), en general en aguas limpias y bien oxigenadas. De ahí que algunas especies se usen como indicadores biológicos de la calidad del agua (Alba, 2015).

### **4.1.3 Ciclo de vida**

Los efemerópteros poseen metamorfosis incompleta (hemimetábolos), con un estado juvenil llamado ninfa o náyade, anterior a los estados alados, subimago y adulto. La etapa de náyade dura semanas, meses o incluso años, esto último en función de la especie y el ambiente.

La náyade es el único estado del desarrollo en el que se alimentan los efemerópteros. La transición de náyade a subimago, es la etapa más vulnerable dentro del ciclo de vida de los efemerópteros. Una vez fuera del agua, el subimago puede permanecer así hasta por dos días. El subimago muda una vez más, convirtiéndose en adulto o imago, el cual desarrolla los órganos sexuales y otros caracteres como las alas cristalinas y transparentes (Springer et al., 2010). La duración del subimago está relacionada con la duración del estado adulto, que puede ser tan corta como unos pocos minutos a cuatro horas o de 24 a 48 horas, la cual depende de la temperatura (Merritt et al., 2008).



#### 4.1.4 Distribución

Los efemerópteros se distribuyen en todos los continentes, excepto en la Antártida (Alba, 2015). Los estudios sobre la distribución de Ephemeroptera están basados tanto en hipótesis vicariantes como de dispersión (Edmunds, 1962); debido a la fragilidad y vida corta de este grupo de insectos, los individuos alados se dispersan poco. A pesar de ello, algunas especies pueden dispersarse hasta 700 km (Alba, 2015).

En cuanto a las familias encontradas en este estudio está la familia Leptophlebiidae, con la subfamilia Atalophlebiinae principalmente del hemisferio sur y la subfamilia Leptophlebiinae que es principalmente del hemisferio norte, en el área norte de la Península de Baja California. Baetidae es común y de amplia distribución, con *Callibaetis*, un género que generalmente se presenta en charcos (McCafferty et al., 1997).

#### 4.1.5 Estado actual del conocimiento del orden Ephemeroptera

En cuanto a la diversidad de Ephemeroptera, su conocimiento es limitado en México. Actualmente hay 121 especies registradas para México (McCafferty et al., 1997). En Tlaxcala, la información es poco específica sobre la diversidad de este grupo de insectos, solo se han hecho un par de trabajos de limnología y ecología (Mena, 2016), donde se registran varias familias de macroinvertebrados en diferentes sitios de muestreo, según la perturbación del agua. Mena (2016) estudió la condición ecológica del río Zahuapan en Tlaxcala a través de una evaluación de su biota. En cuanto a Ephemeroptera, menciona la abundancia de la familia Baetidae (176 ejemplares), que es de esperarse por ser una familia muy común. Pérez (1994) hace estudios de limnología de la presa de Apizaco en Tlaxcala, en el que se reporta la presencia del orden pero no se especifican familias ni géneros.

## 4.2 Orden Odonata

### 4.2.1 Morfología de náyades

Una característica notoria del estado de náyade en este orden de insectos es el labio doblado sobre sí mismo y volcado hacia atrás entre las patas anteriores. Este carácter separa a las náyades de Odonata de los demás órdenes de insectos acuáticos (Costa et al., 2006). El labio es alargado y se dobla en la unión del prementón y el postmentón, utilizado para capturar presas; se extiende rápidamente (de 16 a 25 milisegundos) mediante cambios de presión de la hemolinfa, las presas son sujetadas por los palpos labiales (Gillot, 2005).

Odonata se divide en tres subórdenes pero por motivos prácticos en este trabajo utilizaré solo dos subórdenes, Anisoptera y Zygoptera, el primero se caracteriza por ser robusto y de mayor tamaño, además respiran por medio de traqueobranquias rectales que conectan a una cámara interna situada en el tracto digestivo; mientras que Zygoptera son delgados y de menor tamaño y respiran mediante lamelas caudales (Merritt et al., 2008).

### 4.2.2 Hábitat

Las libélulas están asociadas a ecosistemas acuáticos durante su etapa como náyades, casi siempre dulceacuícolas, con algunas especies que se desarrollan en ecosistemas salobres, semiterrestres o incluso en la zona intermareal (Torralba, 2015).

Algunas náyades viven en el agua salobre mientras que otras se localizan en escurrideros o en fitotelmata (*Mecistogaster*, *Megaloprepus* y *Pseudostigma* sp., entre otras). Algunas están adaptadas exitosamente a la urbanización y usan de manera rutinaria cuerpos de agua artificiales construidos por el hombre (*Sympetrum* sp., *Enallagma praevarum* (Hagen, 1861), *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798), por decir algunos ejemplos) (González & Novelo, 2014).

### **4.2.3 Ciclo de vida**

Las libélulas son insectos hemimetábolos, poseen tres etapas en su ciclo de vida: huevo, náyade y adulto. Los adultos son el estado terrestre, encargado de la dispersión y reproducción. Depositán los huevos en vegetación aledaña al cuerpo de agua o en sustratos sumergidos, o bien los liberan directamente en el agua. Las náyades representan el estado acuático (Springer et al., 2010).

La duración del estado náyade varía de pocas semanas a aproximadamente cinco años, según la especie, el número de estadios está entre 10 a 15 aproximadamente. Los botones alares aparecen después del tercer o cuarta muda y se extienden en el estadio final (Westfall, 1987).

Otros autores registran que pueden mudar de 9 a 17 veces pero comúnmente de 9 a 13. Una vez estando en la última muda ninfal, salen del agua para convertirse en adultos, el adulto llega a su tamaño completo después de 30 a 60 minutos (Triplehorn & Johnson, 2005).

### **4.2.4 Distribución**

Las libélulas se encuentran en casi todos los cuerpos de agua dulce del mundo (González & Novelo, 2014). Se considera a los odonatos como insectos primariamente tropicales, con preponderancia de taxones en bajas latitudes. Conforme nos alejamos o acercamos a los trópicos cambia la composición de especies cuantitativa y cualitativamente (Corbet, 1999).

En cuanto a la distribución de Odonata en el país, los estados mejor estudiados son Hidalgo, Morelos, Nayarit, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán, Estado de México y la Ciudad de México; y de los restantes se puede contar con esquemas generales de su composición odonatofaunística. Los estados que no cuentan con estudios o que los registros que poseen no son

producto de estudios dirigidos a registrar la diversidad de Odonata son: Aguascalientes, Colima, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas (González, 1993). Datos más actualizados de la distribución de Odonata en el país, resaltan el aumento del registro de especies en Chiapas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (González, 2014).

#### **4.2.5 Estado actual del conocimiento del orden Odonata**

González Soriano y Novelo en el 2014 presentan una recopilación de estudios de diversidad en Odonata del país que abarca de 1901 al 2007.

Una síntesis sobre los Odonata de Tlaxcala fue realizada por Serrano Meneses (2015), quien registran siete especies para el estado; en dicho estudio se encontraron siete especies de Odonata en San Tadeo Huiloapan, Tlaxcala, las cuales fueron dos caballitos del diablo (*Enallagma civile* Hagen, 1861; *Ischnura denticolli* Burmeister, 1839) y cinco libélulas (*Erythemis collocata* Hagen, 1861; *Libellula nodisticta* Hagen, 1861; *Progomphus clendoni* Calvert, 1905; *Rhionaeschna multicolor* Hagen, 1861 y *Sympetrum illotum* Hagen, 1861). Aún con estos datos cabe mencionar que hay un esfuerzo de muestreo sesgado hacia ciertos estados (Serrano, 2015).

Otro estudio de la Universidad Autónoma Metropolitana en donde se analizó la limnología de la presa de Apizaquito en Tlaxcala en la cual sólo se mencionó la presencia de las órdenes de Odonata y Ephemeroptera (Pérez, 1994), dicho documento fue publicado posteriormente en la revista de la sociedad mexicana de historia natural en el 2001 (Pérez-Rodríguez et al., 2001), aunque hay estudios de limnología en algunas presas de Tlaxcala, no se reportan datos suficientes para conocer la diversidad de estos grupos, sino que solo se registra su presencia, por lo que es necesario llevar a cabo un estudio más a fondo.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

Conocer la diversidad de los insectos acuáticos abre un panorama del número de especies que existen y aún no se descubren, así como de la calidad del agua de varios lagos y ríos. En la actualidad, hay pocos estudios respecto a la diversidad de Odonata y Ephemeroptera en Tlaxcala; existen trabajos que sólo hablan de forma general de estos grupos, así como estudios faunísticos de una sola localidad, que es el caso de Odonata en San Tadeo Huiloapan; en el caso de Ephemeroptera, éste trabajo es la primera contribución faunística formal en Tlaxcala. La realización de este estudio aporta conocimiento nuevo de la diversidad y abundancia de náyades de Odonata y Ephemeroptera a nivel estatal, que existe en tres cuerpos de agua del estado de Tlaxcala, por medio de un muestreo sistemático anual que abarca ambientes lénticos y lóticos, por lo que aporta información ecológica de los estados inmaduros de estos insectos.

## **6. HIPÓTESIS**

- La diversidad que se registrará en este estudio es mayor a la que se sabe hasta el momento del orden Ephemeroptera y del orden Odonata, debido a la falta de muestreo y los pocos estudios que se han hecho.

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 Objetivo general**

- Registrar la diversidad de náyades del orden Ephemeroptera y del orden Odonata de tres localidades del estado de Tlaxcala.

### **7.2 Objetivos particulares**

- Obtener una lista de géneros nueva de los órdenes Odonata y Ephemeroptera del estado de Tlaxcala.
- Registrar la abundancia absoluta y relativa, la riqueza y estacionalidad de los géneros de los órdenes Ephemeroptera y Odonata en cada una de las localidades.
- Estimar la diversidad alfa a nivel de género por medio de curvas de acumulación del orden Ephemeroptera y del orden Odonata para los tres sitios de estudio por medio de métodos no paramétricos (Bootstrap, Jack 1 y Chao 1).
- Estimar la diversidad beta del orden Ephemeroptera y Odonata entre los sitios de estudio.

## 8. Método

### 8.1 Áreas de estudio

Tlaxcala representa el 0.2% de la superficie del país, colinda al norte con Hidalgo y Puebla, al este y sur con Puebla y al oeste con México e Hidalgo. Se encuentra situado entre los 19°43'44" norte y 19°06'18" al sur; al este 97°37'31" y al oeste 98°42'30". En la figura 1 se muestran las corrientes y cuerpos de agua principales de Tlaxcala (INEGI 2016).

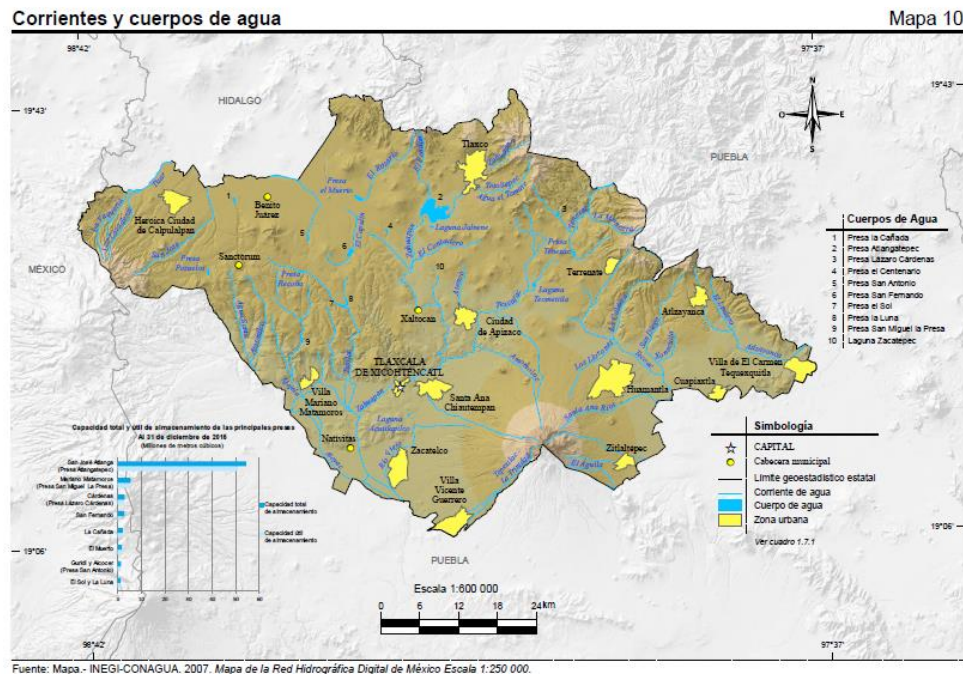


Figura 1. Mapa de cuerpos de agua de Tlaxcala (INEGI 2016).

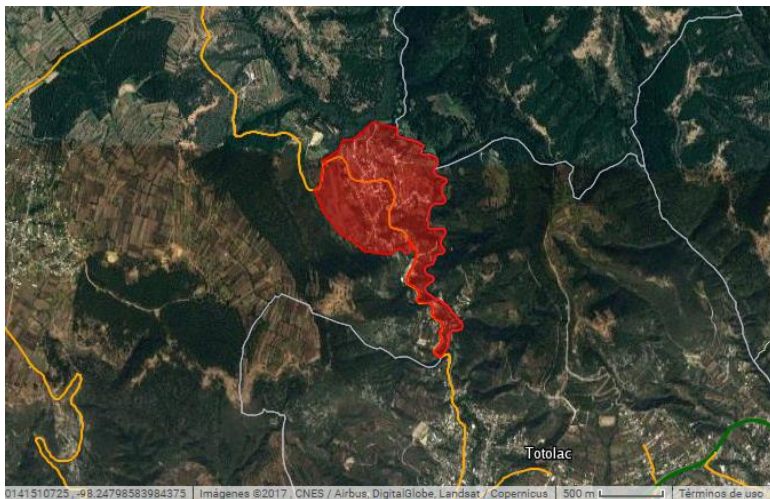
La vegetación de la zona es poco diversa debido al clima; entre las especies más representativas del estado se encuentran algunos arbustos y árboles de montaña como el pino y el sauce; en las zonas de cultivo podemos ver que hay cultivos de frijol (Tabla 1).

**Tabla 1. Vegetación más representativa del estado de Tlaxcala (INEGI 2017).**

Concepto	Nombre científico	Nombre local	Utilidad
Bosque	<i>Pinus teocote</i> <i>Juniperus deppeana</i> <i>Abies religiosa</i> <i>Quercus laurina</i>	Ocote Sabino Oyamel Encino	Madera Madera Madera Madera
Matorral	<i>Opuntia streptacantha</i> <i>Mimosa biuncifera</i>	Nopal Uña de gato	Comestible Medicinal
pastizal	<i>Bouteloua hirsuta</i> <i>Bouteloua gracilis</i>	Zacate banderita Zacate navajita	Forraje Forraje
Agricultura	<i>Zea mays</i> <i>Phaseolus vulgaris</i> <i>Hordeum vulgare</i> <i>Triticum aestivum</i> <i>Solanum tuberosum</i>	Maíz Frijol Cebada Trigo Papa	Comestible Comestible Comestible Comestible Comestible

### 8.1.1 San Ambrosio Texantla

El pueblo San Ambrosio Texantla se localiza en el municipio de Panotla. El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (63%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (37%) (INEGI, 2009). El río Texantla (cuerpo de agua lóxico), se ubica en las coordenadas 19° 21' 27.7" N y 98° 15' 9.1" O a 2280 msnm. En la vegetación aledaña al cuerpo de agua, hay herbáceas, plantas acuáticas, arbustos, sauces y la especie *Alnus acuminata* (Kunth, 1817) de forma dominante (Luna, 2016) (Fig. 2).



**Figura 1. Sitio de estudio San Ambrosio Texantla. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha).**



### 8.1.2 San Tadeo Huiloapan

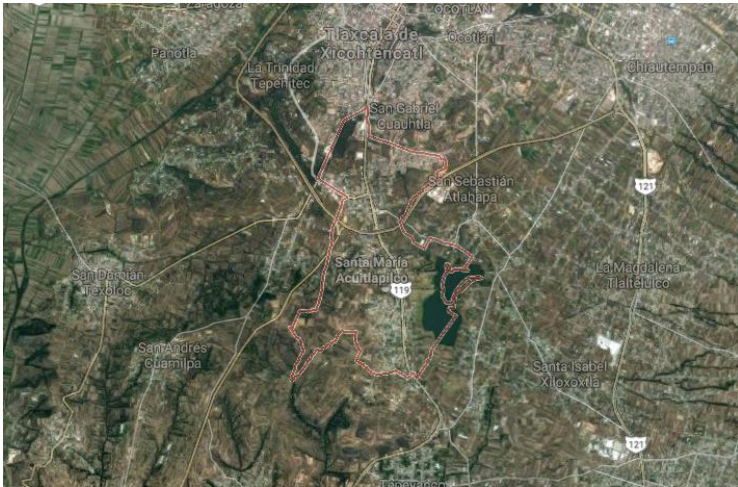
Se localiza en el municipio Panotla, con las coordenadas geográficas 19° 18' 54" N y 98° 16' 02" O con 2241 msnm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2016), presenta una temperatura media anual de 24.3°C, con máximas de 27.3°C y mínimas de 2.8°C. El arroyo San Tadeo (cuerpo de agua lótico), se ubica a 2385 msnm, entre las coordenadas 19° 23' 16.4" N y 98° 15' 12.2" O a una mediana altura de 2545 msnm. En cuanto a la vegetación es igual que en Texantla (Luna, 2016) (Fig. 3).



Figura 2. Sitio de estudio San Tadeo Huiloapan. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha).

### 8.1.3 Santa María Acuitlapilco

Santa María Acuitlapilco se ubica en el municipio de Tlaxcala en las coordenadas geográficas 19° 18' 59" N y 98° 14' 15" O a una altura de 2,228 msnm; tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. La temperatura promedio es de 17.1°C con máximas de 17.7°C y mínimas de 16.3°C (INEGI 2016). La laguna de Acuitlapilco (cuerpo de agua léntico), se localiza en la parte sur del estado de Tlaxcala (19° 21' 37" N y 98° 13' 51.1" O) a 2280 msnm, entre los municipios de Tlaxcala y Tepeyanco. La vegetación que conforma a la laguna es igual que en San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan (Luna, 2016) (Fig. 4).



**Figura 3.** Sitio de estudio Santa María Acuitlapilco. Mapa satelital (izquierda), paisaje (derecha).

## **8.2 Trabajo de campo**

### **8.2.1 Muestreos**

La recolección de ejemplares se realizó de forma bimensual durante un año, desde el mes de octubre del 2014 hasta agosto del 2015. En cada localidad se realizaron seis muestreos de los cuales se tomaron cuatro repeticiones de cada uno; las tres primeras muestras de esas cuatro antes mencionadas fueron tomadas mediante un arrastre de un metro de longitud entre una muestra y otra. La cuarta se obtuvo a partir de redar 45 minutos en diferentes puntos del sitio; es decir, de forma cualitativa. Se usó una red acuática tipo D, de 32 cm de diámetro, para coleccionar insectos acuáticos (Domínguez & Fernández, 2009). Los ejemplares recolectados fueron vertidos inmediatamente en una charola con agua para separar a nivel de orden los insectos que se utilizarían para este estudio. Estos ejemplares fueron conservados en alcohol al 80% (Triplehorn & Johnson, 2005) con los datos de localidad, coordenadas, fecha de recolecta, recolector y algunas características de la zona como presencia o ausencia de rocas, residuos orgánicos y vegetación acuática.

Los puntos de muestreo fueron establecidos con base en las zonas de agua provistas de abundante vegetación acuática; se tomaron en cuenta principalmente las plantas enraizadas o sumergidas del punto de muestreo o bien las áreas con presencia de materia orgánica y sustratos de tipo rocoso. Los sitios de muestreo fueron referenciados con un geoposicionador satelital (GPS) para obtener las coordenadas de los sitios de muestreo. Las muestras fueron guardadas en bolsas de plástico con sustrato en alcohol al 80%, de igual forma etiquetadas como se mencionó anteriormente.

### **8.3 Trabajo de laboratorio**

#### **8.3.1 Identificación**

Las muestras seleccionadas se guardaron en viales de vidrio con algodón y se colocaron en botes de plástico, ya que los niveles de alcohol se mantienen mejor de esta forma; además se etiquetaron con las localidades correspondientes. Se identificó hasta nivel de familia con las siguientes claves: McCafferty (1997) y las claves de Merritt & Cummins (2008). Después se identificó a nivel de género las muestras de odonatos y efemerópteros observando en un microscopio estereoscópico Rossbach. No se determinó a nivel especie porque la identificación a nivel larval es más complicada debido a que solo se tienen descritas el 68.5% de las especies conocidas para Odonata (Novelo-G. & Alonso-EguíaLis, 2007). A nivel género no hay una clave completa para identificar especies de Odonata en estadios juveniles por lo que solo se identificó a nivel género, sin mencionar que son esenciales las estructuras reproductivas de los adultos para identificar a especie. Para la identificación a nivel de género de los órdenes Odonata y Ephemeroptera se usaron las siguientes claves: Springer et al., (2010), Needham & Westfall (1954 y 2000); Novelo (1997) I (Zygoptera) y II (Anisoptera), Gutiérrez & Días (2015).

### **8.3.2 Registro fotográfico**

Se realizó una serie de fotografías de los ejemplares mejor conservados con el microscopio Axio Zoom.V16 Zeiss, a fin de ilustrar el material con el que se trabajó y los diferentes géneros encontrados en cada localidad.

## **8.4 Análisis de datos**

### **8.4.1 Base de datos**

La base de datos se realizó en Microsoft Excel con los siguientes datos: Nombre del vial, número de muestra, País, Estado, Municipio, Localidad, Referencia, Altitud, Coordenadas, Fecha, Colector, Orden, Suborden, Familia, Género, No. de organismos, Identificador y Observaciones. Esta base de datos se utilizó para ordenar y sistematizar las muestras y hacer las matrices requeridas para los análisis de diversidad contemplados para este estudio.

### **8.4.2 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

La abundancia absoluta se conoce como el número de individuos de una especie presentes en un área, mientras que la abundancia relativa se define como la proporción de individuos de una especie dada entre el número total de organismos observados en un área dada (Azpiroz et al., 2007). La abundancia fue calculada a partir del número de organismos por género de cada localidad y por esfuerzo de muestreo (45 min de redeo y arrastre), la abundancia relativa se obtuvo como el porcentaje de individuos de cada género con respecto al total. Para medir la riqueza se tomó en cuenta el número de géneros por familia.

En el caso de la abundancia por estacionalidad se midió el número de organismos presentes con respecto a los meses de lluvias y secas; esto se hizo para las tres localidades de muestreo. Los datos de precipitación promedio de la zona se obtuvieron de un análisis de tendencias de precipitación publicado por el instituto de Geografía (Méndez et al., 2007).

### **8.4.3 Curva de acumulación de géneros**

Se realizaron seis curvas de acumulación de géneros; tres para el orden Odonata y tres para el orden Ephemeroptera, una por cada localidad. Se usaron estimadores no paramétricos porque estos se enfocan en la abundancia de los ejemplares raros o poco abundantes (López-Gómez & Williams-Linera, 2006). Los estimadores que se usaron fueron Chao 1, que se enfoca en el número de ejemplares raros como pueden ser uno o dos especímenes y el estimador Jack 1, que toma en cuenta los ejemplares únicos y, por último, se usó el estimador Bootstrap que es aplicado para estimar la medida de precisión de los estimadores de muestra denominado el error estándar del estimador (Valdez, 2012). El programa que se usó para hacer la curva de acumulación fue EstimateS 9.1.0 para Windows y se graficó con una hoja de cálculo Excel®.

### **8.4.4 Análisis de diversidad alfa y beta**

Para calcular la diversidad alfa se pueden tomar en cuenta dos métodos, en primera la riqueza específica y en segunda la estructura de la comunidad (Moreno, 2001); para el análisis de diversidad alfa se tomaron en cuenta ambos parámetros, la riqueza específica se calculó con métodos no paramétricos por medio de una curva de acumulación de especies, usando como estimadores Bootstrap y Jackknife 1, para medir la estructura de la comunidad también se usaron métodos no paramétricos por medio del estimador Chao 1; estos análisis se hicieron para las tres localidades muestreadas de cada una de las órdenes que abarca este estudio.

Aunque la forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001); por esa razón para medir la riqueza se tomó en cuenta el número de géneros por familia de cada localidad; se realizó un listado en una hoja de cálculo Excel 2010.

En el caso de la diversidad beta se utilizó el índice de Jaccard que da igual peso a todas las especies sin importar su abundancia y por ende dan importancia incluso a las especies más raras.

Índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud  $I_j$ )

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde:

a= número de especies en el sitio A

b= número de especies en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas

El rango de este índice va desde cero cuando no hay especies compartidas, hasta uno cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies (Villareal & et al., 2004).

Se obtuvo un dendrograma de similitud entre las localidades muestreadas para ilustrar los resultados obtenidos del índice de Jaccard, estos análisis se realizaron en el programa estadístico Past 3.0. Para la diversidad alfa se hizo una lista de cada localidad.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Orden Ephemeroptera

#### 9.1.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza

En el caso de Ephemeroptera se registró un total de 2,143 ejemplares de las tres localidades de muestreo (San Ambrosio Texantla, San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco), divididos en tres familias (Baetidae, Leptohiphidae y Leptophlebiidae) y cuatro géneros (*Americabaetis*, *Callibaetis*, *Farrodes* y *Tricorythodes*) (Tabla 2).

De forma general en el caso de Ephemeroptera, se encontraron más organismos en San Ambrosio Texantla, con 1,263 ejemplares (58.9%), lo que lo hace la localidad más abundante de todo el estudio; en segundo lugar, queda San Tadeo Huiloapan, con 722 ejemplares (33.6%) y, por último, Santa María Acuitlapilco con 158 ejemplares (7.3%) (Tabla 2).

El género más representativo para San Ambrosio Texantla fue *Americabaetis*, que representa el 88%, es decir 1,111 de ejemplares observados en esta localidad y poco más de la mitad (52%) de la abundancia de todas las localidades. (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia de los géneros del orden Ephemeroptera encontrados en las tres localidades de muestreo.

Género	San Ambrosio Texantla	San Tadeo Huiloapan	Santa María Acuitlapilco	Especímenes por género
<i>Americabaetis</i>	1111	619	0	1730
<i>Callibaetis</i>	135	89	158	382
<i>Farrodes</i>	4	4	0	8
<i>Tricorythodes</i>	13	10	0	23
<b>Especímenes por localidad</b>	<b>1263</b>	<b>722</b>	<b>158</b>	<b>2143</b>

En cuanto a la riqueza de Ephemeroptera en San Ambrosio Texantla, la familia con mayor número de géneros registrados fue Baetidae, con dos géneros (*Americabaetis* y *Callibaetis*), que representan el 50% de la riqueza observada de la localidad (Fig. 5).

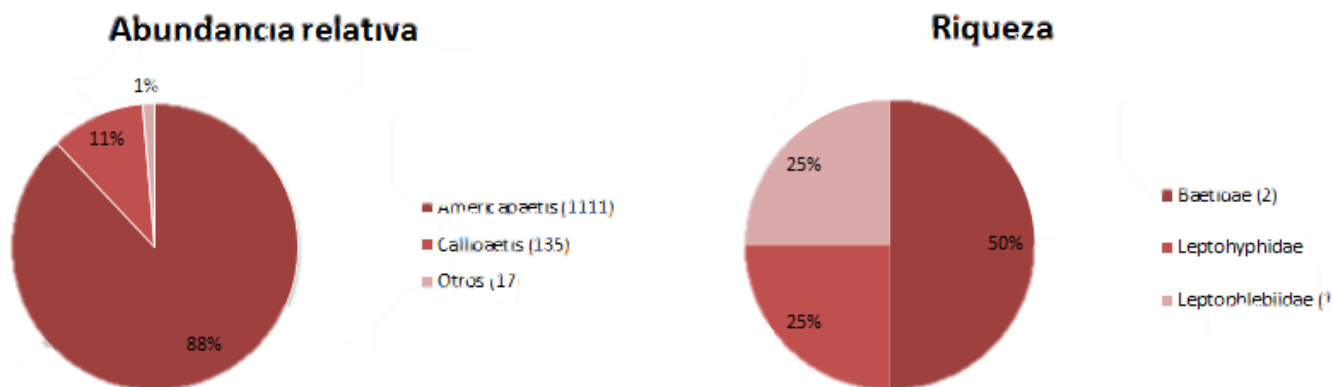
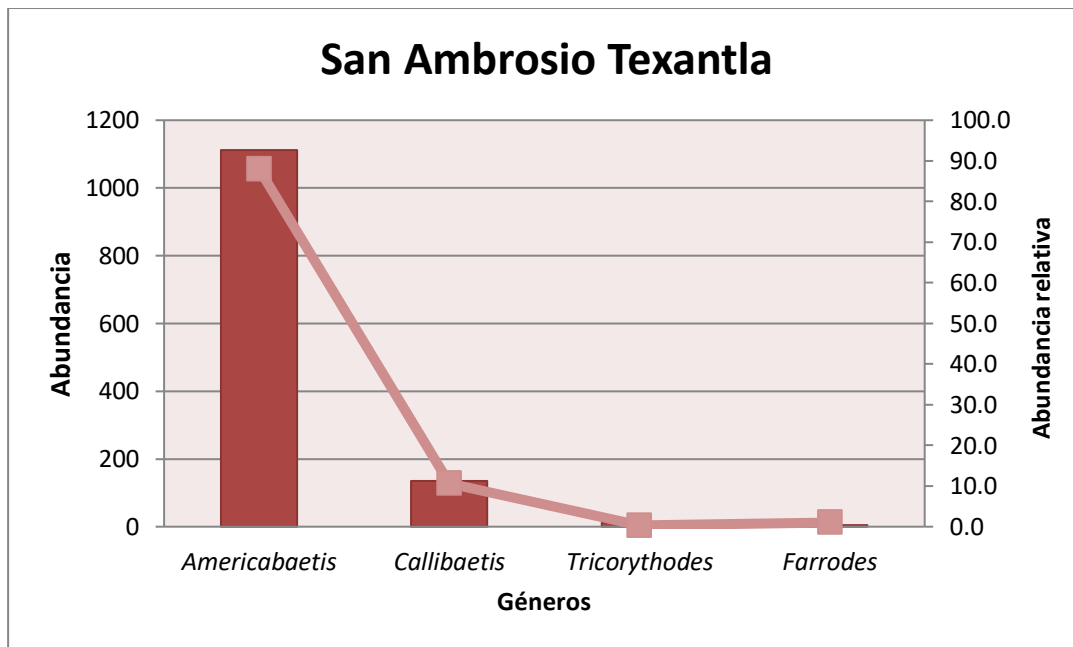


Figura 4. Ephemeroptera. Izquierda, abundancia relativa por géneros de San Ambrosio Texantla (otros: *Farrodes* y *Tricorythodes*); derecha, riqueza de géneros por familia de San Ambrosio Texantla.

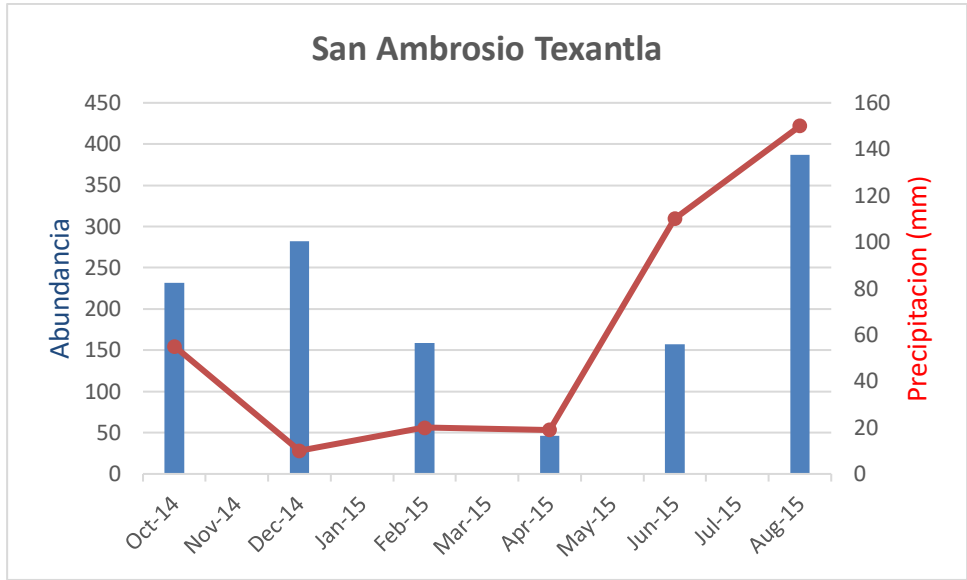


En total se encontraron cuatro géneros de los cuales el género con más organismos fue *Americabaetis*, con 88% de los organismos encontrados en la localidad con un total de 1,111 ejemplares; en segundo lugar *Callibaetis* con 11% de los organismos (135 ejemplares), mientras que el género con menos organismos fue *Farrodes* con cuatro ejemplares, con el 0.32% de los organismos de la localidad (Fig. 6).



**Figura 5. Abundancia total y relativa de géneros del orden Ephemeroptera registrada en la localidad de San Ambrosio Texantla.**

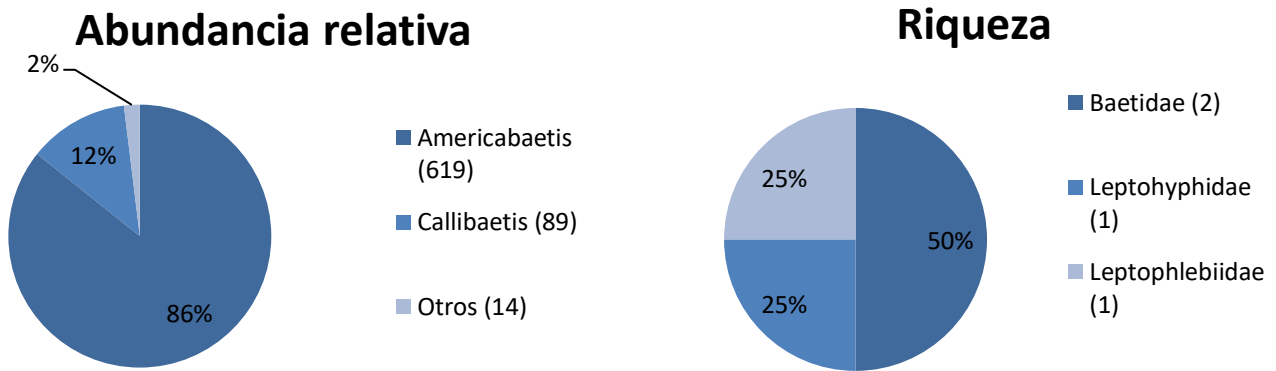
Finalmente se midió la abundancia en relación a la época de lluvias y secas, para la localidad de San Ambrosio Texantla el mes con menor abundancia fue abril con 46 organismos, que corresponde al último mes de secas; mientras que el mes con mayor abundancia fue agosto con 387 organismos cuando la precipitación de la zona es más alta (Fig. 7).



**Figura 6. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera en San Ambrosio Texantla**

En San Tadeo Huiloapan hubo 722 organismos, donde el género *Americabaetis* es el más representativo de la localidad con 619 ejemplares que constituyen el 86% de los organismos observados en este sitio.

En cuanto a la riqueza en la localidad de San Tadeo Huiloapan, la familia con mas géneros fue Baetidae, con dos géneros (*Americabaetis* y *Callibaetis*), que representa el 50% de la riqueza de la localidad (Fig. 8).



**Figura 7. Ephemeroptera. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Tadeo Huiloapan (otros: Farrodes y Tricorythodes); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Tadeo Huiloapan.**

En San Tadeo Huiloapan se encontró un total de tres familias (Baetidae, Leptohiphidae y Leptophlebiidae) que reúnen cuatro géneros (*Americabaetis*, *Callibaetis*, *Farrodes* y *Tricorythodes*). El género más abundante fue *Americabaetis*, con el 86% de los individuos recolectados en la localidad (619 ejemplares); el segundo género más abundante fue *Callibaetis*, con 89 ejemplares, lo que corresponde al 12%; los géneros menos abundantes fueron *Farrodes* con cuatro ejemplares, con el 0.5 %, y *Tricorythodes* con diez ejemplares, con el 1.38% de la abundancia (Fig. 9).

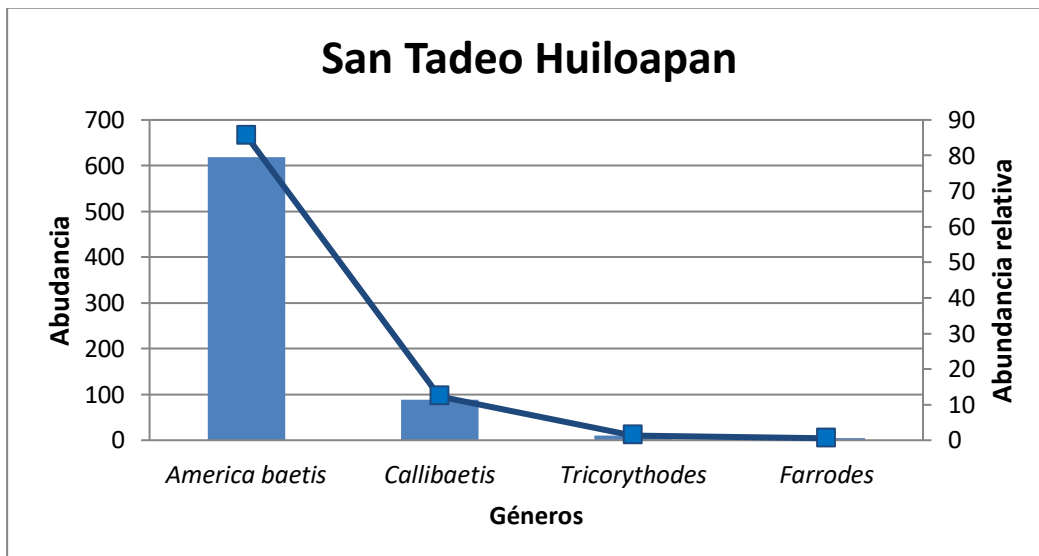
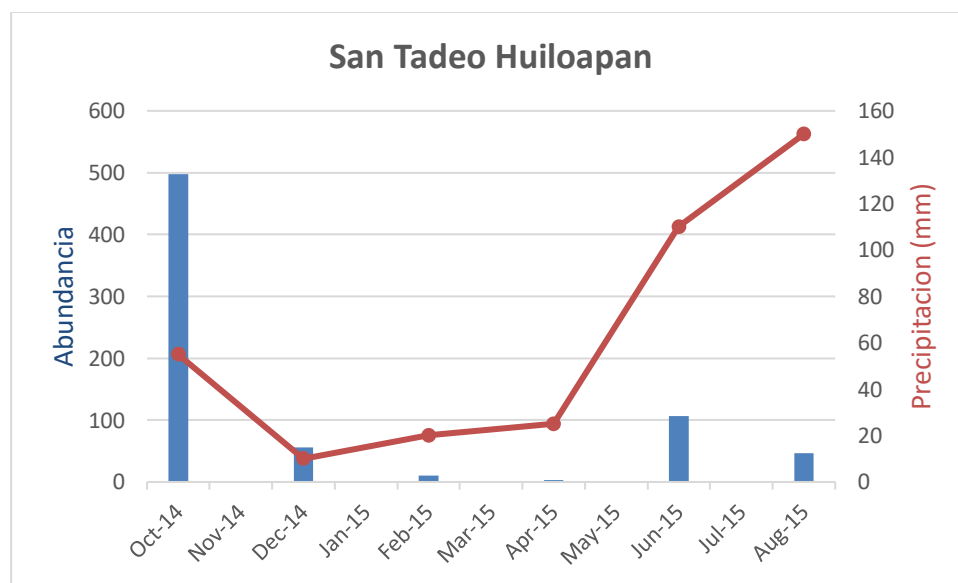


Figura 8. Abundancias total y relativa de géneros del orden Ephemeroptera registradas en la localidad de San Tadeo Huiloapan.

En la localidad de San Tadeo Huiloapan el mes con mayor abundancia fue octubre con 498 ejemplares que corresponde a la época de lluvias, mientras que el mes con menor abundancia fue abril, el ultimo mes de secas con tres ejemplares respectivamente (Fig. 10).



**Figura 9. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera de San Tadeo Huiloapan.**

En la localidad léntica, Santa María Acuitlapilco, se encontró una sola familia (Baetidae) con solo un género de Ephemeroptera (*Callibaetis*), por lo que constituye el 100% de la riqueza y abundancia de la localidad, con un total de 158 ejemplares.

En la localidad de Santa María Acuitlapilco el mes con mayor abundancia fue abril con 133 ejemplares, , siendo febrero mes de secas y octubre junto con junio meses de lluvias (Fig. 11).

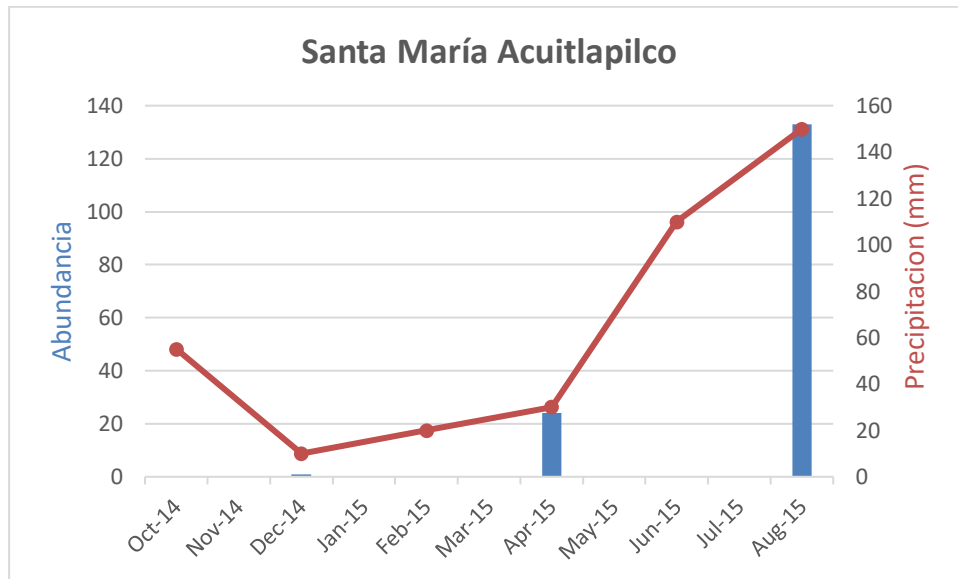


Figura 11. Estacionalidad de la abundancia de Ephemeroptera de Santa María Acuitlapilco.

### 9.1.2 Curva de acumulación de géneros

En la curva de acumulación de géneros de San Ambrosio Texantla, para el orden Ephemeroptera, se usaron tres estimadores. Con el estimador Bootstrap se estiman 4.42 géneros; la eficiencia del muestreo con respecto a los géneros observados y los estimados para Bootstrap es del 90.49%; para Chao 1 se estiman cuatro géneros con una eficiencia de muestreo del 100% y para Jack 1 se estiman 4.83 géneros con el 82.81% de eficiencia de muestreo, esto tomando en cuenta que los géneros observados fueron cuatro (Fig. 12).

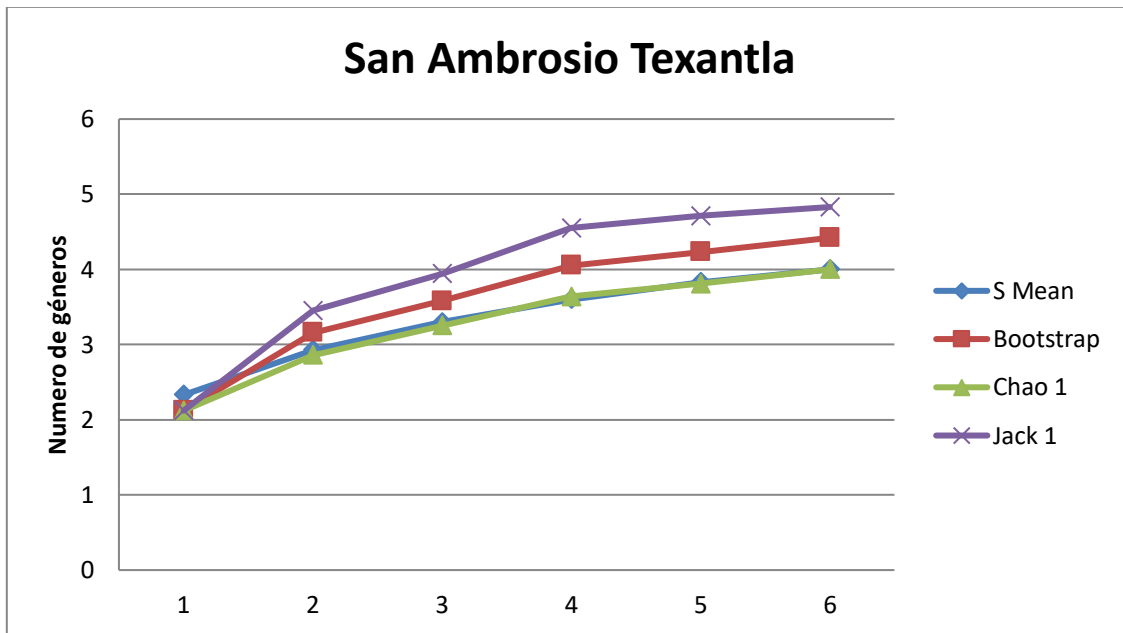


Figura 12. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de San Ambrosio Texantla

En la curva de acumulación de géneros de San Tadeo Huiloapan, también para Ephemeroptera, se obtuvo con el estimador Bootstrap 4.18 géneros, con una eficiencia de muestreo estimada por Bootstrap del 95.69%; para el estimador Chao 1 se calculan cuatro géneros con una eficiencia de muestreo del 100% y para Jack 1 se estiman cuatro géneros con el 100% de eficiencia de muestreo, tomando en cuenta que el número de géneros observados fueron cuatro (Fig. 13).

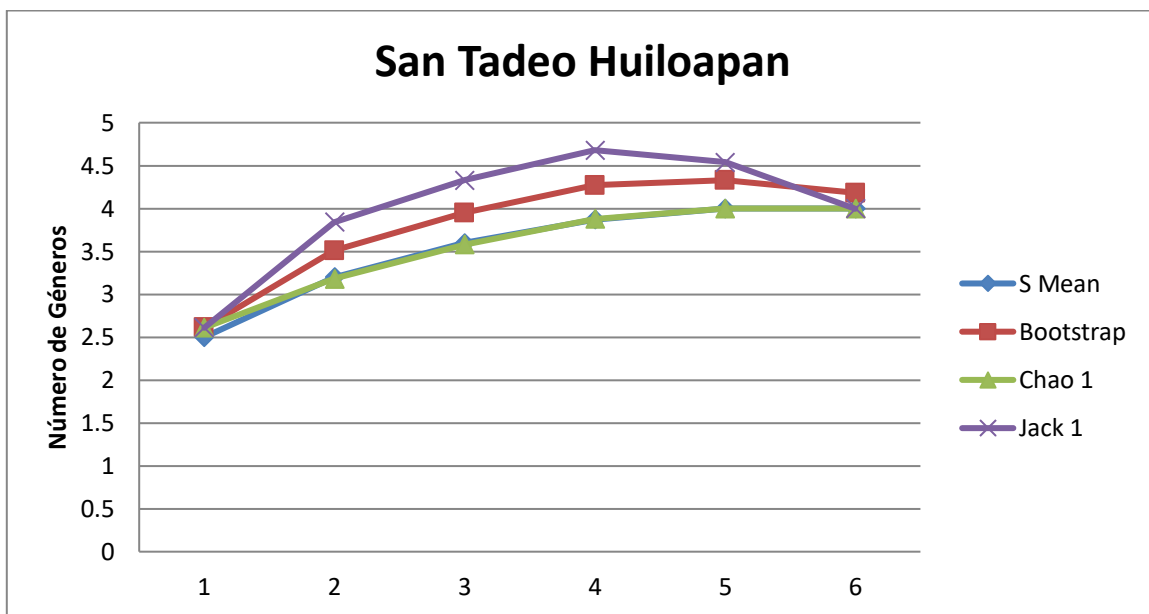


Figura 13. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de San Tadeo Huiloapan.

Por último, en la curva de acumulación de géneros de Ephemeroptera de la localidad de Santa María Acuitlapilco, la localidad con cuerpo de agua léntico, para Ephemeroptera se obtuvieron 1.02 géneros con el estimador Bootstrap, con una eficiencia de muestreo de Bootstrap del 98.03%; para el estimador Chao 1 se calcula un género, con una eficiencia de muestreo del 100% y para Jack 1 se estima un género con el 100% de eficiencia de muestreo mientras que los géneros observados fueron de uno (Fig. 14).

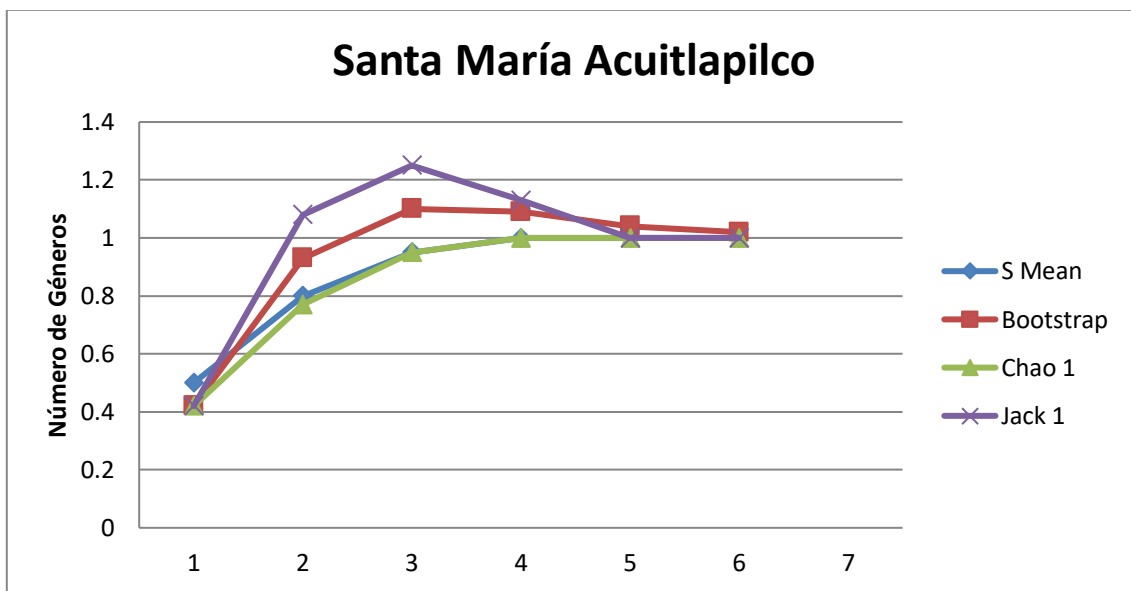


Figura 14. Curva de acumulación de géneros del orden Ephemeroptera en la localidad de Santa María Acuitlapilco.

### 9.1.3 Diversidad alfa

Las localidades con mayor diversidad de acuerdo con el número de géneros fueron San Tadeo Huiloapan y San Ambrosio Texantla, las localidades lóxicas, con cuatro géneros (*Americabaetis*, *Callibaetis*, *Farrodes* y *Tricorythodes*) y por último Santa María Acuitlapilco, la localidad léntica, con un solo género (*Callibaetis*).



### 9.1.4 Diversidad beta

Con el índice de Jaccard se pudo determinar que los ambientes que compartían mayor similitud entre sí eran San Tadeo Huiloapan y San Ambrosio Texantla (los cuerpos de agua lóticos) con un 100% de similitud de géneros encontrados, mientras que el cuerpo de agua léntico, Santa María Acuitlapilco, es el que menos similitud tiene con respecto a las demás localidades (Fig. 15), compartiendo solo el 25% de similitud con ellas (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado de análisis Beta obtenido por Índice de Jaccard de las localidades.

Localidad	Índice de similitud de Jaccard		
	San Ambrosio Texantla	San Tadeo Huiloapan	Santa María Acuitlapilco
San Ambrosio Texantla	1		
San Tadeo Huiloapan	1	1	
Santa María Acuitlapilco	0.25	0.25	1

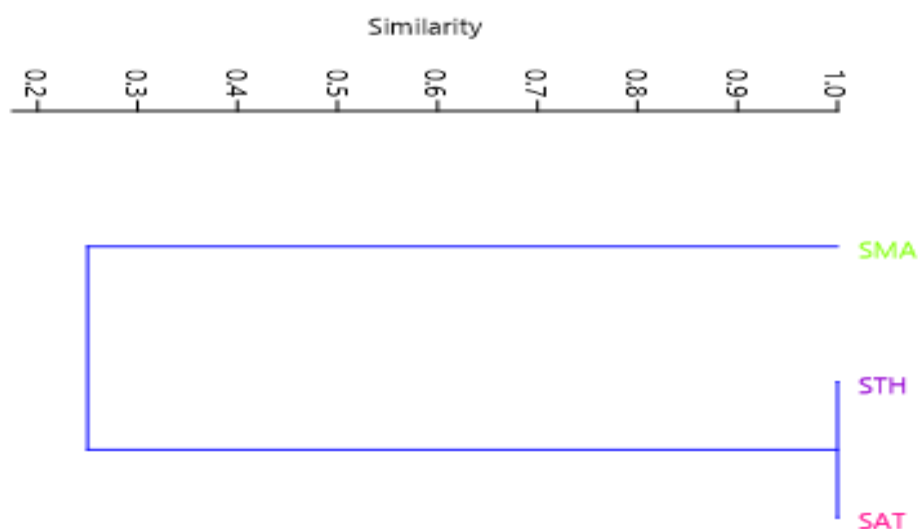


Figura 15. Dendrograma obtenido para el orden Ephemeroptera por el índice de Jaccard de las tres localidades muestreadas (SMA= Santa María Acuitlapilco; STH= San Tadeo Huiloapan; SAT= San Ambrosio Texantla).

## 9.2 Orden Odonata

### 9.2.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza

En el caso de Odonata se registró un total de 836 ejemplares de las tres localidades de muestreo (San Ambrosio Texantla, San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco), los cuales se encuentran divididos en dos subórdenes (Zygoptera y Anisoptera), siete familias (Aeshnidae, Cordulegastridae, Coenagrionidae, Calopterygidae, Gomphidae, Libellulidae, Lestidae) y 13 géneros (Tabla 4).

Tabla 4. Lista de géneros del orden Odonata encontrados en las tres localidades de muestreo.

Géneros	San Ambrosio Texantla	San Tadeo Huiloapan	Santa María Acuitlapilco	Total por género
<i>Anax</i>	0	1	2	3
<i>Archilestes</i>	0	5	0	5
<i>Argia</i>	77	60	0	137
<i>Enallagma</i>	8	11	51	58
<i>Erpetogomphus</i>	1	0	0	1
<i>Hesperagrion</i>	2	19	1	22
<i>Hetaerina</i>	322	127	0	449
<i>Cordulegaster</i>	6	0	0	6
<i>Ischnura</i>	0	0	18	18
<i>Libellula</i>	1	0	0	1
<i>Oplonaeschna</i>	39	3	0	42
<i>Remartinia</i>	2	0	4	6
<i>Rhionaeschna</i>	53	8	15	18
<b>Total por localidad</b>	<b>511</b>	<b>234</b>	<b>91</b>	<b>836</b>

Se encontraron más individuos en San Ambrosio Texantla, con 511 ejemplares (61.12%), por lo que es la localidad más abundante de todo el estudio, seguida por la localidad de San Tadeo Huiloapan con 234 ejemplares (27.99%) y, por último, Santa María Acuitlapilco con 91 ejemplares (10.88%) (Tabla 4).

En cuanto a los géneros más representativos de Odonata fueron *Hetaerina* que ocupa el 53.70% de todos los organismos colectados; en segundo lugar quedó *Argia* que ocupa el 16.38% de todos los organismos colectados en las tres localidades.

Para medir la riqueza se tomó en cuenta el número de géneros por familia de cada localidad; las familias que presentaron mayor riqueza fueron Coenagrionidae con tres géneros (*Argia*, *Enallagma* y *Hesperagrion*) ocupando el 30% y Aeshnidae con tres géneros también (*Oplonaeschna*, *Rhionaeschna* y *Remartinia*) ocupando de igual forma el 30% de la riqueza, ambas familias representan el 60% de la riqueza total de San Ambrosio Texantla (Fig. 16).

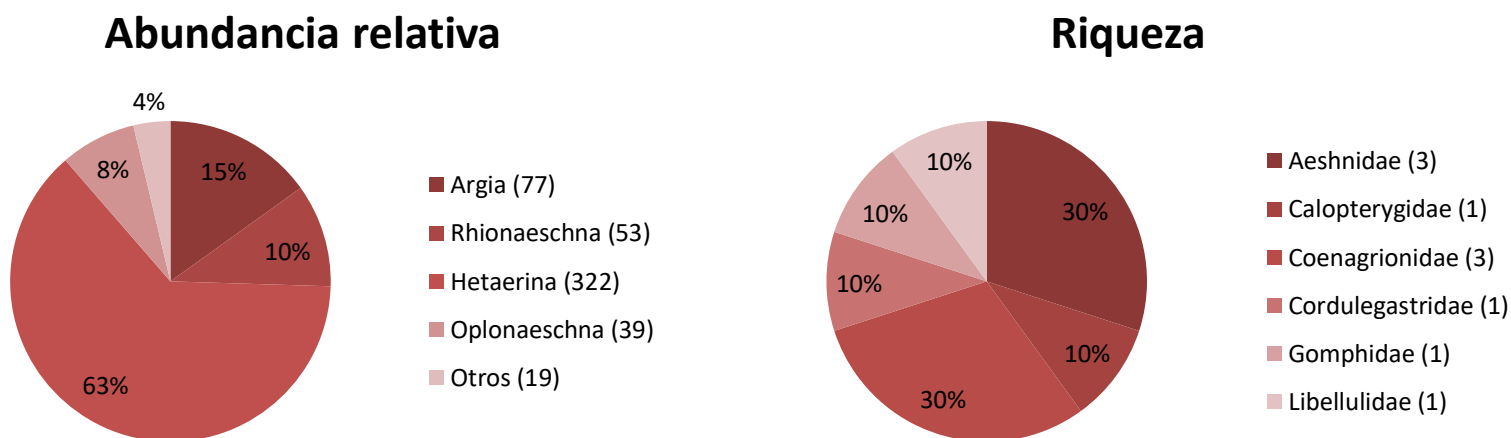
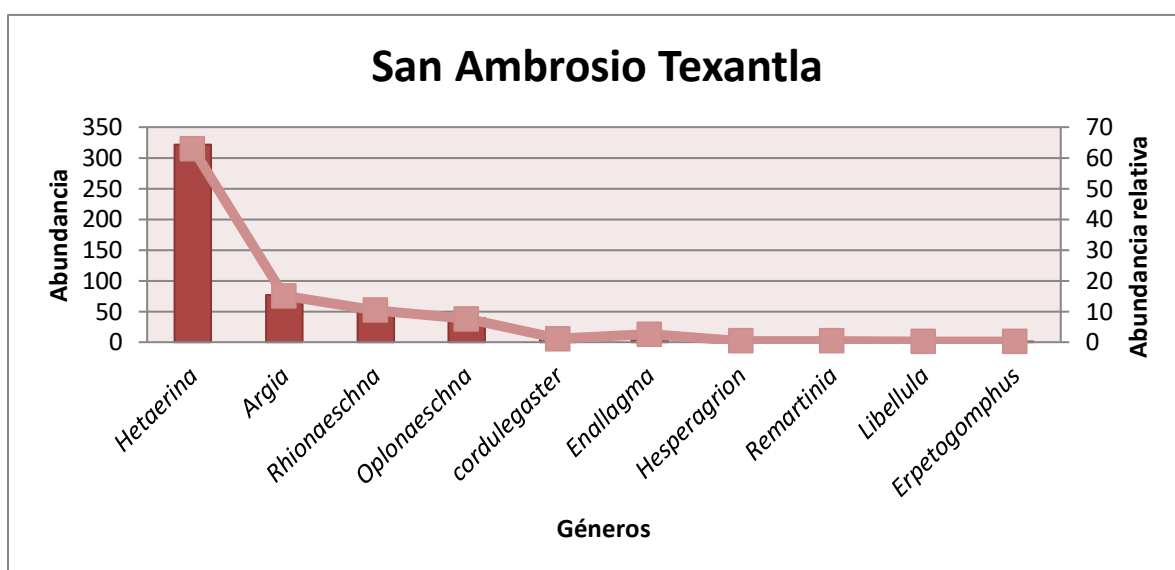


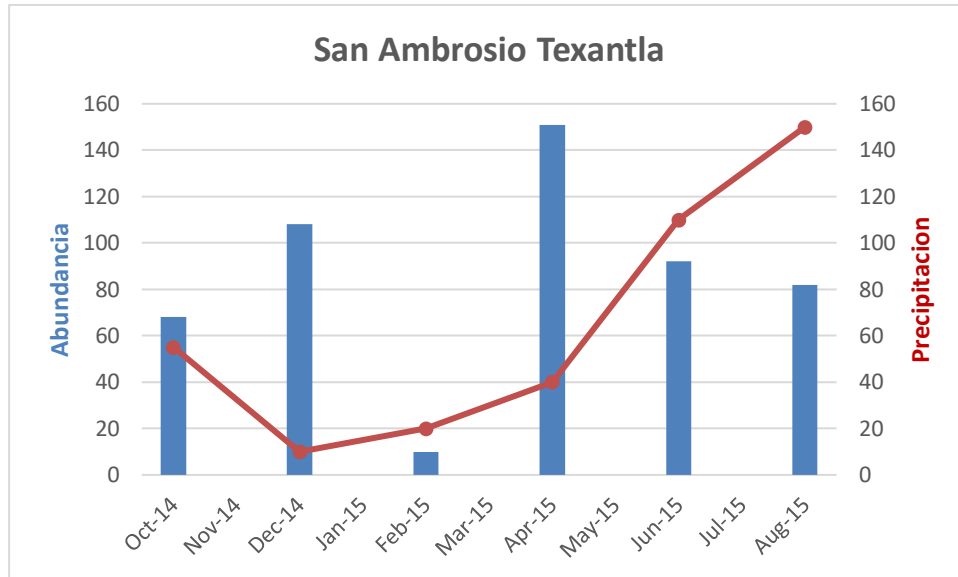
Figura 16. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Ambrosio Texantla, (Otros: *Enallagma*, *Erpetogomphus*, *Hesperagrion*, *Cordulegaster*, *Libellula* y *Remartinia*); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Ambrosio Texantla.

En San Ambrosio Texantla se encontró un total de seis familias (Aeshnidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Cordulegastridae, Gomphidae y Libellulidae) divididas en diez géneros (*Argia*, *Rhionaeschna*, *Enallagma*, *Erpetogomphus*, *Hesperagrion*, *Hetaerina*, *Cordulegaster*, *Libellula*, *Oplonaeschna* y *Remartinia*). El género más abundante de esta localidad fue *Hetaerina* con 322 ejemplares; en contraste los géneros menos abundantes fueron *Erpetogomphus* y *Libellula* con un ejemplar cada uno (Fig. 17).



**Figura 17. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata, registradas en la localidad de San Ambrosio Texantla.**

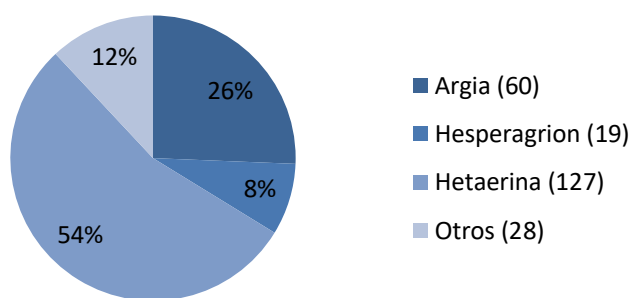
En la localidad de San Ambrosio Texantla el mes con mayor abundancia fue el mes de abril con 1521 ejemplares, mientras que el mes con menos abundancia fue el mes de febrero (época de lluvias) con diez ejemplares (Fig. 18).



**Figura 18. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de San Ambrosio Texantla.**

En el caso de la riqueza, las familias Aeshnidae y Coenagrionidae tuvieron un valor igual, con el 37% de la riqueza, con tres géneros cada una (*Anax*, *Oplonaeschna* y *Rhionaeschna*) para la familia Aeshnidae, y para la familia Coenagrionidae (*Argia*, *Enallagma* y *Hesperagrion*) (Fig. 19).

### Abundancia relativa



### Riqueza

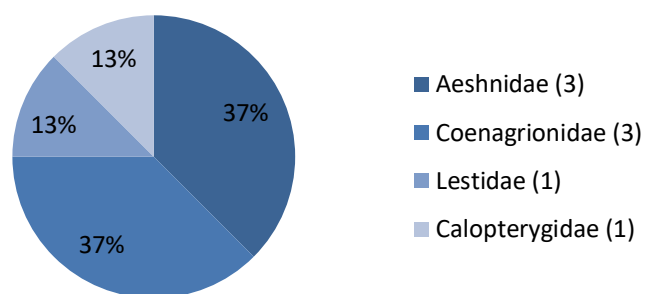
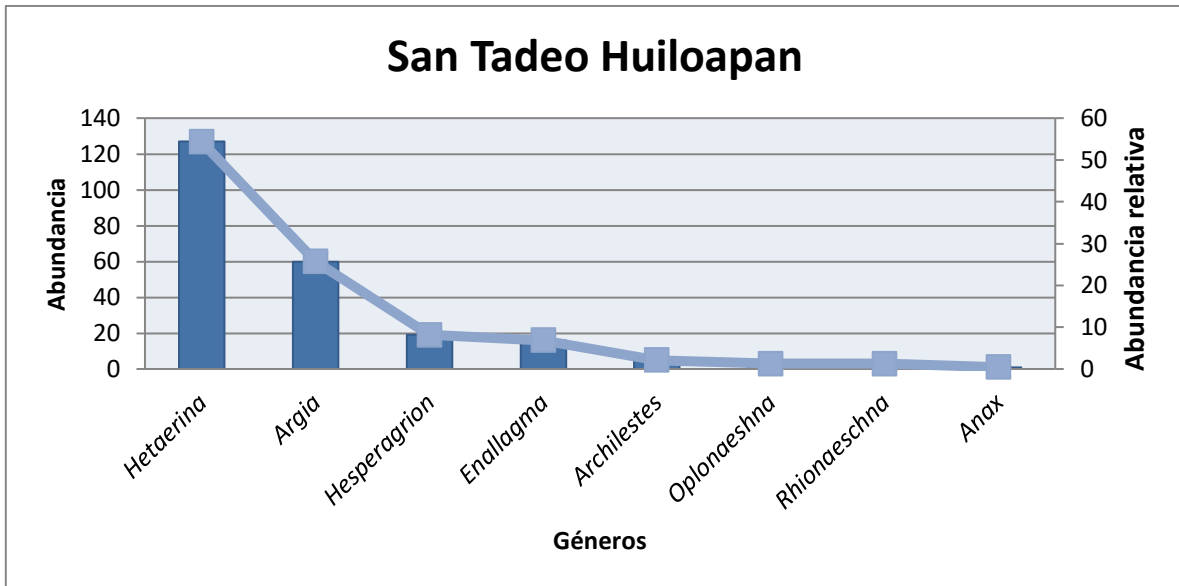


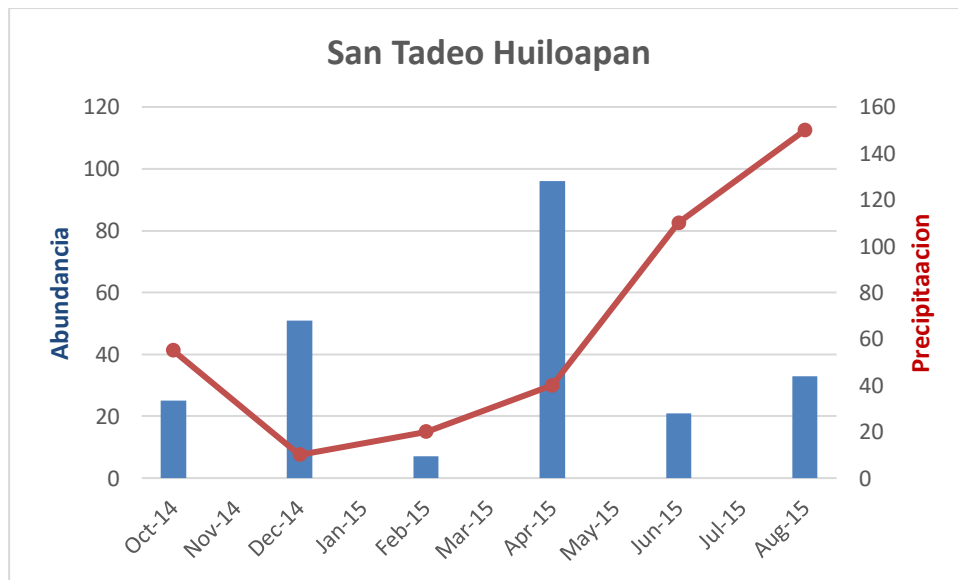
Figura 19. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de San Tadeo Acuitlapilco, (Otros: *Enallagma*, *Rhionaeschna*, *Anax*, *Archilestes*, y *Oplonaeschna*); Derecha, Riqueza de géneros por familia de San Tadeo Acuitlapilco.

En la localidad de San Tadeo Huiloapan se presentó un total de cuatro familias (Aeshnidae, Calopterygidae, Coenagrionidae y Lestidae), representadas por ocho géneros (*Anax*, *Archilestes*, *Argia*, *Enallagma*, *Hesperagrion*, *Hetaerina*, *Oplonaeschna* y *Rhionaeschna*). El género con mayor abundancia fue *Hetaerina* con 127 ejemplares, que representan el 54% de la abundancia total (Fig. 20).



**Figura 20. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata registradas en la localidad de San Tadeo Huiloapan.**

En cuanto a la estacionalidad, en la localidad de San Tadeo Huiloapan el mes con mayor abundancia fue el último mes de secas, abril con 96 ejemplares, mientras que el mes con menor abundancia fue febrero con siete ejemplares que corresponde a la época de secas (Fig. 21).



**Figura 21. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de San Tadeo Huiloapan.**

En el caso de Santa María Acuitlapilco se encontraron dos familias (Aeshnidae y Coenagrionidae), divididas en seis géneros (*Anax*, *Enallagma*, *Hesperagrion*, *Ischnura*, *Remartinia* y *Rhionaeschna*). El género más abundante fue *Enallagma*, con el 56% de la abundancia total de esta localidad, con un total de 51 ejemplares, el género menos abundante fue *Hesperagrion* con un solo ejemplar (Fig. 22).

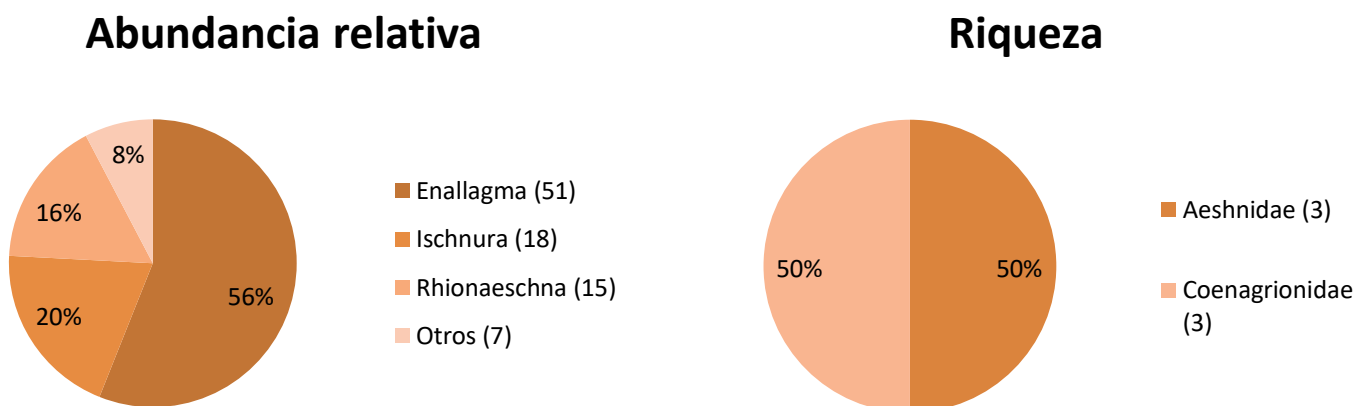
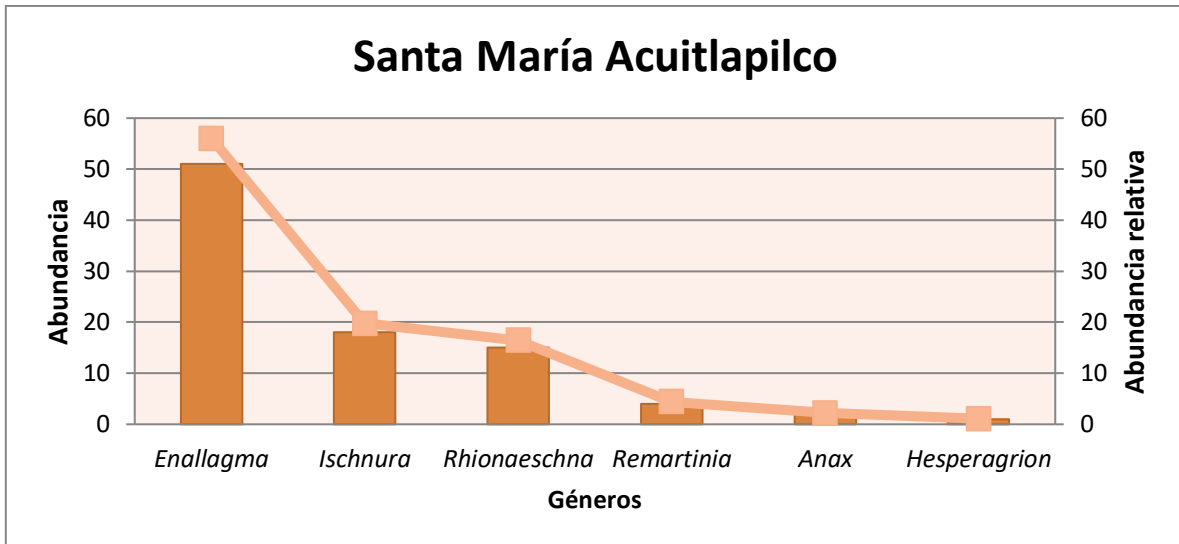


Figura 22. Odonata. Izquierda, Abundancia relativa por género de Santa María Acuitlapilco, (Otros: *Anax*, *Hesperagrion* y *Remartinia*); Derecha, Riqueza de géneros por familia de Santa María Acuitlapilco.

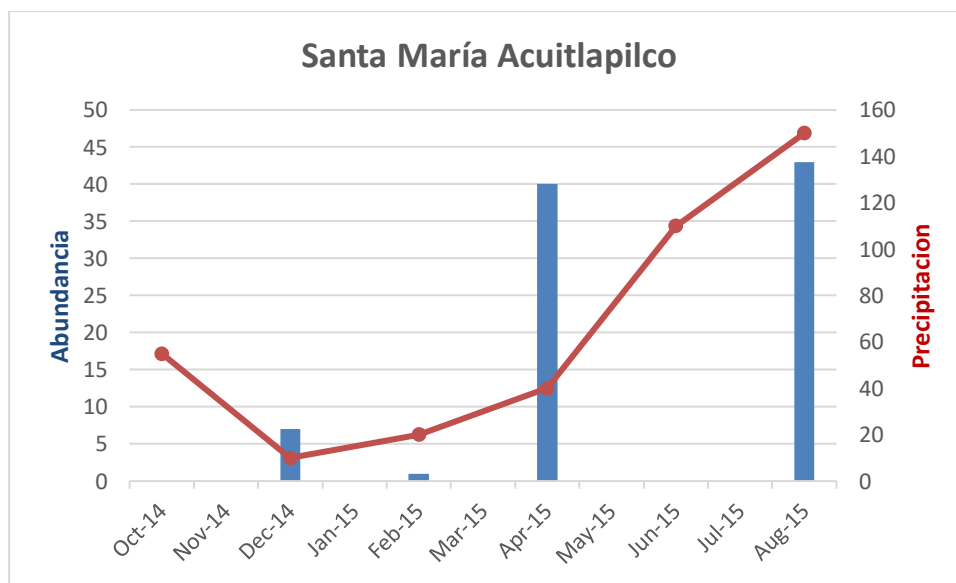
Para esta localidad ambas familias (Aeshnidae y Coenagrionidae) tienen la misma riqueza en géneros; Aeshnidae con *Anax*, *Remartinia* y *Rhionaeschna*, y Coenagrionidae con *Enallagma*, *Hesperagrion* e *Ischnura*, por lo que cada una representa el 50% de la riqueza total (Fig. 23).





**Figura 23. Abundancia total y relativa de géneros del orden Odonata, registradas en la localidad de Santa María Acuitlapilco.**

En cuanto a la abundancia con respecto a la estacionalidad, el mes con mayor abundancia fue agosto, época de lluvias, con un total de 43 ejemplares; el mes con menor abundancia fue octubre y junio que corresponden a época de lluvias con cero ejemplares (Fig. 24).



**Figura 24. Estacionalidad de la abundancia de Odonata de Santa María Acuitlapilco.**

### 9.2.2 Curva de acumulación de géneros

En la curva de acumulación de géneros para Odonata, en el caso de San Ambrosio Texantla, se estimó con Bootstrap un total de 11.13 géneros, con una eficiencia de muestreo del 89.84%; para Chao 1 se estimaron 10.33 géneros con una eficiencia de 96.80%, y para Jack 1 se estimaron 12.50 géneros, con un 80% de eficiencia en relación con el número de géneros observados que fueron de diez (Fig. 25).

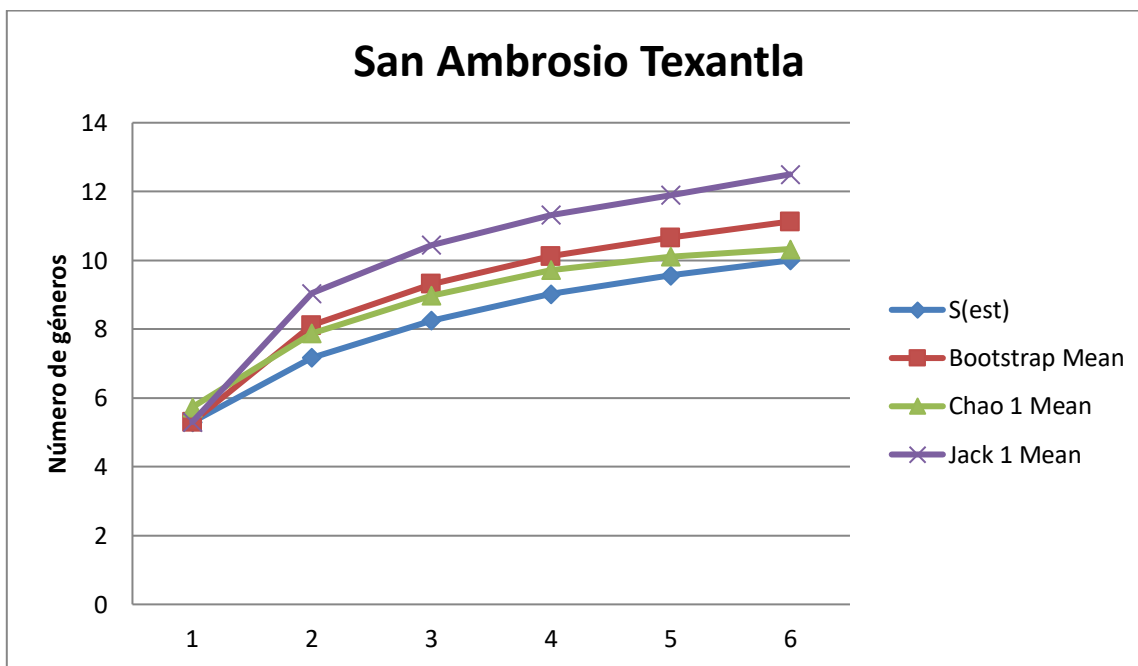


Figura 25. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de San Ambrosio Texantla.

En la curva de acumulación obtenida para San Tadeo Huiloapan, se estimó con Bootstrap un total de 8.53 géneros, con el 93.78% de eficiencia de muestreo con respecto a los géneros observados y estimados; para Chao 1 se estimaron 8.0 géneros con una eficiencia del 100% y, por último, para Jack 1 se estimaron 8.83 géneros representando el 90.60% de la eficiencia de muestreo tomado en cuenta que el número de géneros observados fueron de ocho (Fig. 26).

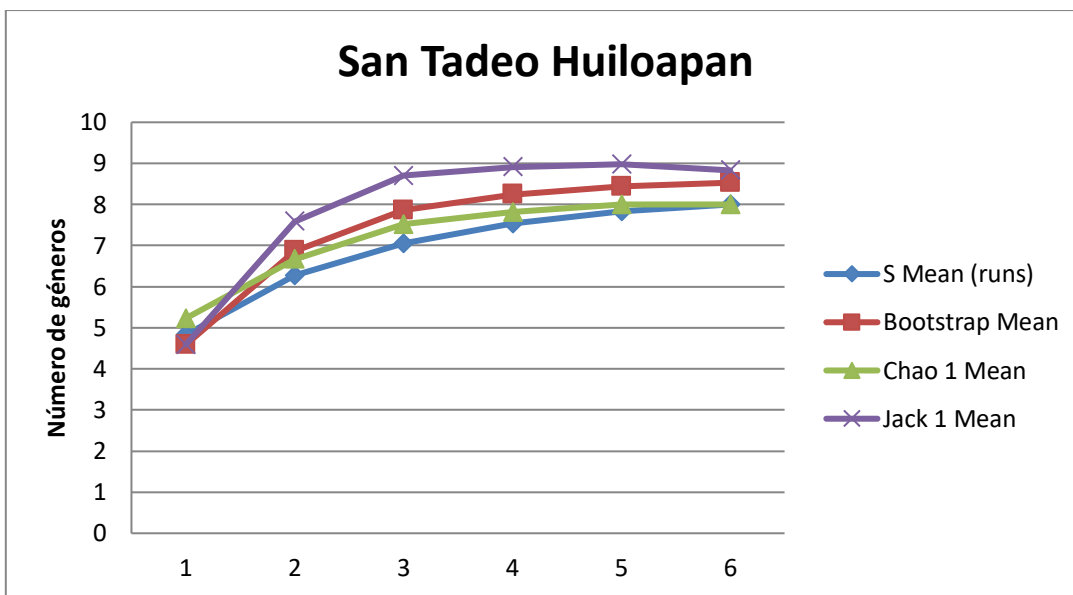


Figura 26. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de San Tadeo Huiloapan

La curva de acumulación de géneros de Santa María Acuitlapilco estimó un total de 6.7 géneros con el estimador Bootstrap, representando el 89.55% de la eficiencia del muestreo, para Chao 1 se estimaron seis géneros que representan el 100% y, por último, para Jack 1 se estimaron 6.8 géneros con una eficiencia del 87.8% tomando en cuenta que el número de géneros observados fueron de seis (Fig. 27).

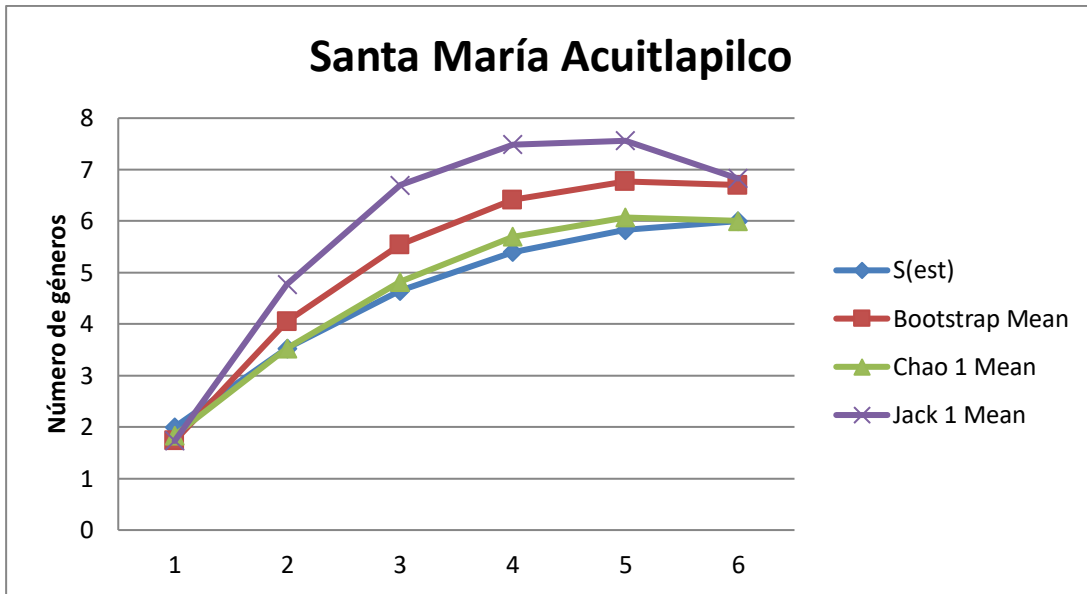


Figura 27. Curva de acumulación de géneros del orden Odonata en la localidad de Santa María Acuitlapilco

### 9.2.3 Diversidad alfa

La localidad con mayor diversidad de acuerdo con el número de géneros fue San Ambrosio Texantla, con Diez géneros (*Argia*, *Enallagma*, *Erpetogomphus*, *Hesperagrion*, *Hetaerina*, *Cordulegaster*, *Libellula*, *Remartinia*, *Rhionaeschna* y *Oplonaeschna*), en segundo lugar quedó San Tadeo Huiloapan con ocho géneros (*Anax*, *Archilestes*, *Argia*, *Enallagma*, *Hesperagrion*, *Hetaerina*, *Oplonaeschna* y *Rhionaeschna*) y, por último, Santa María Acuitlapilco, la localidad léntica, con seis géneros (*Anax*, *Enallagma*, *Hesperagrion*, *Ischnura*, *Remartinia* y *Rhionaeschna*).

### 9.2.4 Diversidad beta

Con el índice de Jaccard se determinó que los ambientes que compartían mayor similitud son los cuerpos de agua lóticos que se encuentran en San Tadeo Huiloapan y San Ambrosio Texantla, con un 50% de similitud mientras que el cuerpo de agua lenticó (Santa María Acuitlapilco) es el que menos similitud tiene con respecto a las demás localidades; el 33% de similitud con San Tadeo Huiloapan y el 21% de similitud con San Ambrosio Texantla (Tabla 5) (Fig.28).

Tabla 5. Resultado de análisis de diversidad beta obtenido por el índice de Jaccard entre las localidades de estudio.

Índice de similitud de Jaccard			
Localidad	San Ambrosio Texantla	San Tadeo Huiloapan	Santa María Acuitlapilco
San Ambrosio Texantla	1		
San Tadeo Huiloapan	0.50	1	
Santa María Acuitlapilco	0.21	0.33	1

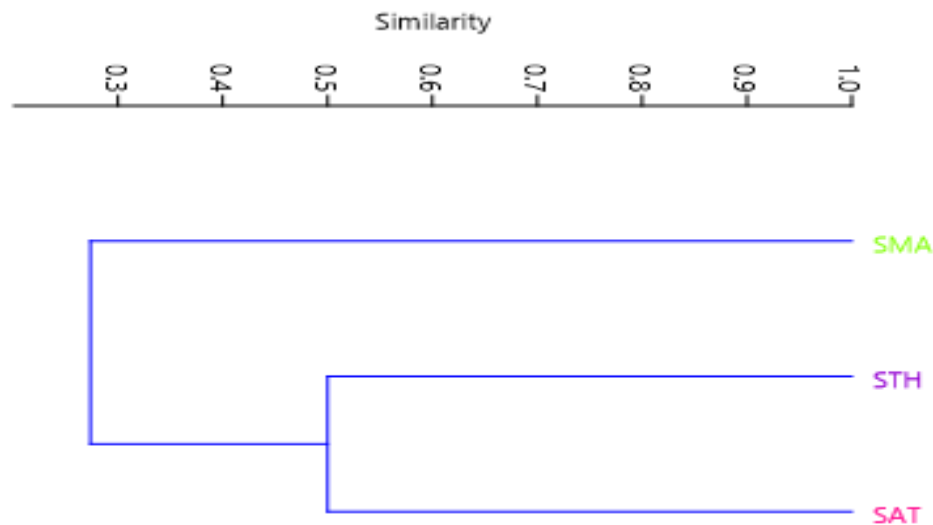


Figura 28. Dendrograma obtenido para el orden Odonata por el índice de Jaccard de las tres localidades muestreadas (SMA= Santa María Acuitlapilco; STH= San Tadeo Huiloapan; SAT= San Ambrosio Texantla).

## 10. DISCUSIÓN

### 10.1 Orden Ephemeroptera

#### 10.1.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza

Se registró un total de 2,143 ejemplares divididos en cuatro géneros, representando de forma general poca diversidad para Tlaxcala; por otro lado, tiene sentido que la diversidad sea reducida debido a la altitud en la que se encuentran los cuerpos de agua (2,280 msnm en adelante), dado que las zonas de altitud inferior a 1,000 m poseen mayor riqueza en géneros de Ephemeroptera (Gutiérrez & Días, 2015). En cuanto a las distintas localidades, se registraron 1,263 ejemplares divididos en cuatro géneros para San Ambrosio Texantla, y para San Tadeo, 722 ejemplares divididos también en cuatro géneros, siendo así ambas localidades lóxicas las de mayor abundancia y riqueza; la relación de ambas localidades con respecto a su abundancia parece indicar que la naturaleza del cuerpo de agua lótico favorece a la abundancia y diversidad de efemerópteros principalmente porque los efemerópteros se alimentan de detritus y algas (Edmunds y Waltz, 1996) las cuales proliferan en cuerpos de agua lóticos por su abundancia y permanencia en comparación con las plantas vasculares acuáticas (Bojorge-García & Cantoral, 2016), mientras que en Santa María Acuitlapilco, la localidad léntica, se registraron solo 158 ejemplares de un mismo género.

Cuando se midió la abundancia con respecto a la estacionalidad se vio en el caso de San Ambrosio Texantla que el mes con mayor número de organismos fue agosto (época de lluvias) con 387 organismos y el mes con menor número de organismos fue abril (época de secas) con 46, revisando los datos se vio que el género representativo es *Americabaetis* quien en época de secas baja drásticamente, en el caso de San Tadeo Huiloapan nuevamente el mes con mayor abundancia corresponde a época de lluvias, octubre con 498 organismos mientras que en abril (época de secas) el número de ejemplares baja drásticamente a tres, nuevamente encontramos a *Americabaetis* siendo el género más representativo; finalmente en Santa María Acuitlapilco dejamos de encontrar presencia de

*Americabaetis* y encontramos presencia absoluta de *Callibaetis* que habita principalmente en cuerpos de agua lenticos (Merritt et al., 2008), tenemos una alta abundancia en agosto (época de lluvias) con 133 ejemplares mientras que en los meses de octubre, febrero y junio dejamos de tener registro del género. En general se encontraron picos de abundancia en época de lluvias, durante verano y otoño debido principalmente a que en estas épocas del año se encuentran la mayor parte de efemerópteros en estados juveniles como náyades (Pérez, 1994).

### **10.1.2 Curva de acumulación de géneros**

En las curvas de acumulación de géneros para Ephemeroptera, se observó que en San Ambrosio Texantla la curva se acerca a la asíntota como también ocurre con las curvas de acumulación de San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco, sin embargo la única forma de corroborarlo es hacer un muestreo más riguroso por más tiempo, no obstante la diversidad en general fue muy baja en esas localidades, por lo que es probable que no se encuentren cambios importantes si se realizan más muestreos, por otro lado el estimador que más se acercó a los géneros observados fue Chao 1.

### **10.1.3 Diversidad alfa**

Con respecto a la diversidad alfa cabe mencionar que la mayor diversidad de géneros fue en San Tadeo Huiloapan y en San Ambrosio Texantla, muy probablemente esto tenga que ver con los factores bióticos y abióticos de la localidad, en el caso de Santa María Acuitlapilco se encontró menos diversidad pero mayor abundancia de un solo género (*Callibaetis*), lo cual no nos extraña ya que este género está estrechamente relacionado a ambientes lénticos (Guerrero-Bolaño et al., 2003). Los resultados obtenidos de este estudio en cuanto a diversidad son de esperarse ya que la mayor diversidad de Ephemeroptera se encuentran en ambientes lóticos (Barber-James et al., 2008); así mismo

Leptohyphidae, junto con los Baetidae y Leptophlebiidae son los efemerópteros más comúnmente colectados en México (McCafferty et al., 1997).

#### **10.1.4 Diversidad beta**

En el caso de la diversidad beta se hizo un análisis de similitud por medio del índice de Jaccard entre las localidades muestreadas, en el análisis se vio que la mayor similitud entre géneros encontrados fueron entre San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan de igual similares debido a que ambos son cuerpos de agua lóticos (río).

### **10.2 Orden Odonata**

#### **10.2.1 Abundancia, estacionalidad y riqueza**

En el caso del orden Odonata las localidades con mayor abundancia y riqueza fueron San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan; San Ambrosio Texantla con un total de 511 ejemplares de todo el estudio divididos en 10 géneros y San Tadeo Huiloapan con 234 ejemplares en total divididos en ocho géneros; mientras que en el caso de Santa María Acuitlapilco se encontró un total de 91 ejemplares divididos en solo seis géneros. Un dato importante fue que el género más abundante de San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan (*Hetaerina*) no se encontró en Santa María Acuitlapilco, principalmente porque el género *Hetaerina* se encuentra principalmente en cuerpos de agua lóticos (Garzón, 2009).

En el caso de la abundancia por estacionalidad encontramos en San Ambrosio Texantla al último mes de secas el más abundante, que corresponde a abril con 151 ejemplares, mientras que el mes más bajo corresponde a época de secas en febrero con diez ejemplares, en el caso de San Tadeo Huiloapan tenemos al mes de abril (último mes de secas) como el mes más abundante con 96 ejemplares mientras que encontramos a febrero (época de secas) con siete ejemplares, en ambas localidades lóticas el género más representativo es



*Hetaerina* que en todos los casos el aumento o baja se debe a la abundancia particular del género, en comparación con otros estudios como el de Pérez en 1994, donde hizo un estudio de limnología en el que se encontró de igual manera mayor abundancia de náyades de Odonata en primavera; en Santa María Acuitlapilco se encuentra una completa ausencia del género *Hetaerina* y en su lugar encontramos como género dominante *Enallagma* que es característico de cuerpos de agua lenticos (Merritt et al., 2008) teniendo al mes de agosto (época de lluvias) como el mes con mayor abundancia con 43 ejemplares y los meses de octubre y junio con cero ejemplares. A grandes rasgos vimos picos de abundancia en diciembre y abril, en las tres localidades (Fig. 20,23,26); se puede ver en las gráficas que cuando empiezan a subir los niveles de precipitación igualmente sube la abundancia (abril) y se mantiene hasta el último mes de lluvias, mientras que a la mitad de la época de secas que corresponde a febrero vimos que bajó la abundancia debido a que durante el estiaje baja el nivel de vegetación y a su vez de artrópodos, el principal alimento de las náyades de Odonata (Pérez-Rodríguez et al., 2001).

### **10.2.2 Curva de acumulación de géneros**

En las curvas de acumulación de géneros de las tres localidades para Odonata se vio que la eficiencia de muestreo a pesar de que no llega a la asíntota se acerca a la misma con todos los estimadores; por lo que deducimos que tiene cierta eficiencia, en el caso de San Ambrosio Texantla se vio que la eficiencia de muestreo es mayor con respecto a San Tadeo Huiloapan y Santa María Acuitlapilco, aún así se considera un buen muestreo en los tres casos. Nuevamente como en el caso del orden Ephemeroptera el estimador que más se acercó a los géneros observados fue Chao 1.

### 10.2.3 Diversidad alfa

La mayor diversidad alfa fue encontrada en San Ambrosio Texantla con 11 géneros del orden Odonata lo cual suena bastante lógico debido a que esta localidad fue la localidad con mayor abundancia, la segunda localidad con mayor diversidad alfa fue San Tadeo Huiloapan, aunque es importante mencionar que estas dos localidades aunque tienen valores muy parecidos en cuanto a diversidad alfa, los géneros encontrados en cada una de las localidades no son muy parecidas entre sí, ya que San Ambrosio Texantla tiene tres géneros (*Erpetogomphus*, *Cordulegaster* y *Libellula*) que no comparte con ninguna de las localidades, y San Tadeo Huiloapan tiene tres géneros (*Anax*, *Rhionaeschna* y *Archilestes*) que no comparte con San Ambrosio Texantla y, de esos tres, uno (*Archilestes*) que no comparte con Santa María Acuitlapilco; en Santa María Acuitlapilco el género *Ischnura* solo se encontró en esa localidad, estos resultados se respaldan con la literatura, ya que la mayor parte de las especies de este género se encuentran en ambientes lénticos (Garzón, 2009).

Otro dato importante es que los géneros *Hetaerina*, *Argia*, y *Oplonaeschna* no se encuentran en Santa María Acuitlapilco, esto porque *Hetaerina* y *Argia* son especies propiamente lóxicas (Garzón, 2009) y en el caso de *Oplonaeschna* se asume que son géneros en los cuales las especies son frecuentes en cuerpos de agua rocosos, ya que los estadios larvales están adaptados para sujetarse a las rocas (Sánchez et al., 2009), ocurre lo mismo con *Cordulegaster* y *Erpetogomphus*, pero estos géneros sólo se encontraron en la localidad de San Ambrosio Texantla; podríamos deducir que estos géneros necesitan una corriente fuerte y por eso se encuentran en uno solo de los ríos, donde las condiciones son más favorables para ellas; por otro lado el género *Anax* se encontró en mayor medida en Santa María Acuitlapilco y una especie en San Tadeo Huiloapan, este género está más ligado a corrientes bajas (Sánchez et al., 2009) y cuerpos de agua lénticos, por lo que podemos deducir que la corriente es menor en San Tadeo Huiloapan que en San Ambrosio Texantla.

#### **10.2.4 Diversidad beta**

En cuanto a la diversidad beta las localidades con mayor similitud nuevamente fueron San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan, mientras que la localidad de Santa María Acuitlapilco fue la que tuvo menos similitud con el resto de las localidades debido a las características bióticas y abióticas de los cuerpos de agua.

Muy probablemente esto se deba a que los cuerpos de agua en el caso de San Ambrosio Texantla y San Tadeo Acuitlapilco son lóticos, y esto sea factor importante para tener más similitudes entre sí con respecto a la entomofauna.

## 11. CONCLUSIONES

- ❖ De los tres sitios de estudio, San Ambrosio Texantla fue el sitio con mayor abundancia para ambos órdenes.
- ❖ La diversidad alfa de Ephemeroptera fue mayor en San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan, mientras que en Odonata fue San Ambrosio Texantla la localidad con mayor diversidad alfa.
- ❖ De acuerdo con la diversidad beta con el índice de Jaccard, en ambos órdenes, las localidades más similares fueron San Ambrosio Texantla y San Tadeo Huiloapan (los dos sitios lóticos).
- ❖ Se encontró diferente diversidad de Odonata y Ephemeroptera en cuerpos de agua lóticos y lénticos, así como géneros específicos para cada cuerpo de agua.
- ❖ De forma general, se registró más diversidad alfa para odonatos que para efemerópteros.
- ❖ El estimador que más se acercó a los datos reales en todos los casos fue Chao 1.
- ❖ La diversidad en general de ambos órdenes es muy baja en comparación con otros estados.

## 12.LITERATURA CITADA

Alba-Tercedor, J. 2004. Efemerópteros. Curso Práctico de Entomología. CIBIO, Asociación Española de Entomología. Servicio de publicaciones. Barcelona. pp. 947.

Alba-Tercedor, J. 2015. Orden Ephemeroptera. Universidad de Granada. Revista IDE 40: 1-17.

Azpiroz, I., Cuende François-Xavier., Damasceno-Oliveira, A., & et al. 2007. Glosario INDICANG: INTERREG. Disponible en: [http://www.ifremer.fr/indicang/version\\_espagnole/IndicangGlossES.pdf](http://www.ifremer.fr/indicang/version_espagnole/IndicangGlossES.pdf)

Barber-James, H. M., Gattolliat, J. L., Sartori, M. & Hubbard, M. D. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. Hydrobiologia 595: 339-350.

Bojorge-García, M. & Cantoral, E. A. 2016. La importancia ecológica de las algas en los ríos. Hidrobiológica 26: 1-8.

Corbet, P. S. 1999. Dragonflies, behaviour and ecology of Odonata. Harley Books, Colchester. pp. 829.

Costa, C., Ide, S. & Simonka, C. E. 2006. Insectos inmaduros, metamorfosis e identificación. Monografías Tercer Milenio, vol. 5. SEA, CYTED & RIBES. Zaragoza. pp. 237.

Domínguez, E. & Fernández, H. R. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. pp. 655.

Edmunds, G. F., Jr. 1962. The type localities of Ephemeroptera of North America north of Mexico. University of Utah. Biological Series 12: 1-39.

Edmunds G .F., Jr & Waltz R. D. 1996. Ephemeroptera. pp. 126-163. En Merritt R.W. & K. W. Cumins. An introduction to the aquatic insects of North America. 3a. ed. Kendall Hunt Publishing Company. Iowa. pp. 1158.

Garzón, C. 2009. Diversidad de Odonata (Insecta) en la reserva natural Cabildo-Verde (Sabana de Torres-Santander, Colombia), una aproximación hacia la conservación. Caldasia 31: 459-470.

Gillot, C. 2005. Entomology. 3a. ed. Springer. Saskatoon. pp. 832.

González, E. & Novelo, R. 2014. Biodiversidad de Odonata en México. Revista Mexicana de Biodiversidad S85: S243-S251.

González, E. 1993. Odonata de México: Situación actual y perspectivas de Estudio. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44: 291-302.

Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A. & Núñez-Padilla, N. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del Río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana* 8: 43-55.

Gullan, P. J. & Cranston, P. S. 2014. *The insects: an outline of entomology*. 5a. ed. Wiley Blackwell. Hoboken, N.J. pp. 986.

Gutiérrez, Y. & Dias, L. G. 2015. Ephemeroptera (Insecta) de Caldas: Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Papéis Avulsos de Zoología*. 55: 13-46.

Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. & Melic, A. Eds. 2005. Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. *Monografías 3er Milenio*, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza. pp. 242.

INEGI. 2009. Clave geoestadística 29024. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Panotla, Tlaxcala. pp. 9. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/29/29024.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29024.pdf)

INEGI. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala 2016. Tlaxcala. pp. 574  
Disponible en:  
<http://evaluacion.tlaxcala.gob.mx/images/stories/documentos/planea/estadistica/ae/ea2016.pdf>

INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala 2017. Tlaxcala. pp.580.  
Disponible en:  
[https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/TLAX\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TLAX_ANUARIO_PDF.pdf)

López-Gómez, A. M. & Williams-Linera, G. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México 78: 7-15.

Luna, A. M. 2016. Diversidad de coleópteros acuáticos en tres localidades del estado de Tlaxcala. Estado de Tlaxcala, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

McCafferty, W. P., Lugo, C. R., Provonsha, A. V. & Wang. T. Q. 1997. Los efemerópteros de México I. Clasificación superior, diagnosis de familias y composición. Dugesiana 4: 1-29.

Mena, I., Bustamante, A., Vargas, S., & et, al. 2016. Evaluación de la condición ecológica del Río Zahuapan. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 33: 7-19.



- Méndez González, J., Návar Cháidez, J., Gonzalez Ontiveros, V. 2007. Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. Investigaciones geográficas. Boletín del instituto de Geografía 65: 38-55.
- Merritt, R. W, Cummins, K. W. & Berg, M. B. Eds. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4a. ed. Kendall Hunt Publishing Company. Iowa. pp. 1558.
- Misof, B., Liu, S., Meusemann, K. & et, al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. Science 346: 763-767.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. pp. 84.
- Narcís, P., Ríos-Touma, B., Acosta, R. & Rieradevall, M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. pp. 631-654. En: Domínguez, R. & Fernández, H.R. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. pp 655.
- Needham, J. G. & Westfall, M. J., Jr. 1954. A manual of the dragonflies of North America (Anisoptera). University of California Press, Berkeley. pp. 615.
- Needham, J. G., Westfall, M. J, Jr & May, M. L. 2000. Dragonflies of North America. Scientific Publishers. Gainesville. pp. 939.

Novelo-G, R. & Alonso-EguíaLis, P. Eds. 2007. Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: estado actual de conocimiento y aplicación. Sociedad Mexicana de Entomología. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos. pp. 105.

Novelo Gutiérrez, R. 1997. Clave para la separación de familias y géneros de las náyades de Odonata de México. Parte I. Zygoptera. *Dugesiana* 4: 1-19.

Novelo Gutiérrez, R. 1997. Clave para la separación de familias y géneros de las náyades de Odonata de Mexico. Parte II. Anisoptera. *Dugesiana* 4: 31-40.

Pérez Rodríguez, R. 1994. Limnología de la presa de Apizaquito, Tlaxcala. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 45: 75-88.

Pérez-Rodriguez, R., Saldaña-Arias, A & Badillo-Solís, A. 2001. Odonata (Insecta) de tres embalses del estado de Tlaxcala. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 50: 25-31.

Rehn, A. C. 2003. Phylogenetic analysis of higher-level relationships of Odonata. *Systematic Entomology* 28: 181-239.

Sánchez, G., Pérez, G., Jiménez, D. & Tovar, B. 2009. Los odonatos de Extremadura. Gráficas Romero S.A., Mérida. pp. 334.

- Serrano Meneses, M. 2015. Capítulo 1. Libélulas y caballitos del diablo de Tlaxcala. pp.8-32. En: Lara, C., Serrano, M., Rodríguez, L. & Vázquez, J. Contribución al conocimiento de la biodiversidad en Tlaxcala. Universidad autónoma de Tlaxcala. Puebla. pp. 143.
- Springer, M., Ramírez, A & Hanson, P. 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 58: 3-37.
- Tinaut, R & Pascual, T. 2006. Proyecto Andalucía. Naturaleza. (Tomo XVII: Zoología V. pp. 250-298.) Sevilla .Publicaciones comunitarias: Grupo Hércules.
- Triplehorn, C & Johnson, N. 2005. Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Thompson Brooks/Cole. Belmont. pp. 864.
- Torralba, B. 2015. Orden Odonata. *Revista IDE* 41: 1-22.
- Valdez Blanco, D. 2012. Aplicación del método bootstrap para la estimación del error estándar de la media muestral. *Revista Varianza*. 9: 8-10.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., & et, al. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad: Métodos para el análisis de datos. Una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Colombia. pp. 236.

Westfall, M. J., Jr. 1987. Order Odonata. Immature insects. Dubuque: Kendall/  
Hunt Publishing Company. Florida. pp. 754.

Zhang, Zhi-Qiang. 2013. Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level  
Classification and Survey of Taxonomic Richness. *Zootaxa* 3703: 1–82.

### 13. Anexos

#### Anexo I. Registro de los ejemplares de Ephemeroptera recolectados en las tres localidades de Tlaxcala.

Géneros	San Ambrosio Texantla						San Tadeo Huiloapan						Santa María Acuitlapilco						Total general
	21/10/2014	15/12/2014	24/2/2015	24/4/2015	15/6/2015	29/8/2015	17/10/2014	15/12/2014	24/4/2015	15/6/2015	29/8/2015	15/12/2015	18/10/2014	16/12/2014	25/2/2015	25/4/2015	24/6/2015	30/8/2015	
<i>Americabaetis</i>	232	251	156	26	145	301	499	14	2	60	40	4							1730
<i>Callibaetis</i>		30	3	20	12	70		42	1	37	3	6		1		24		133	382
<i>Farrodes</i>						4				2	2								8
<i>Haplohyphes</i>										6									6
<i>Tricorythodes</i>		1				12				2	2								17
<b>Total general</b>	<b>232</b>	<b>282</b>	<b>159</b>	<b>46</b>	<b>157</b>	<b>387</b>	<b>499</b>	<b>56</b>	<b>3</b>	<b>107</b>	<b>47</b>	<b>10</b>		<b>1</b>		<b>24</b>		<b>133</b>	<b>2143</b>

**Anexo II. Registro de los ejemplares de Odonata recolectados en las tres localidades de Tlaxcala.**

<b>Géneros</b>	<b>San Ambrosio Texantla</b>						<b>San Tadeo Huiloapan</b>						<b>Santa María Acuitlapilco</b>						
<b>Fecha de muestreo</b>	21/10/2014	15/12/2014	24/02/2015	24/04/2015	15/06/2015	29/08/2015	17/10/2014	15/12/2014	24/02/2015	24/04/2015	15/06/2015	29/08/2015	18/10/2014	16/12/2014	25/02/2015	25/04/2015	30/08/2015	24/06/2015	Total general
<i>Anax</i>												1		6			1		8
<i>Archilestes</i>								3		2									5
<i>Argia</i>		29	3	26	4	15	1	19	2	30	5	3							137
<i>Enallagma</i>	4			3				4	1	4		2					35	16	69
<i>Erpetogomphus</i>			1																1
<i>Hesperagrion</i>			1		1		1	12		1	3	2						1	22
<i>Hetaerina</i>	22	69	1	101	82	47	22	10	4	59	12	20							449
<i>Cordulegaster</i>	1			3		2													6
<i>Ischnura</i>																	2	16	18
<i>Libellula</i>				1															1
<i>Oplonaeschna</i>	9	4		13	5	16	1				1	1							50
<i>Remartinia</i>															1	1	2		4
<i>Rhionaeschna</i>	32	5	4	4		2	1	3				4		1		2	7		65
<b>Total general</b>	<b>68</b>	<b>108</b>	<b>10</b>	<b>151</b>	<b>92</b>	<b>82</b>	<b>26</b>	<b>51</b>	<b>7</b>	<b>96</b>	<b>21</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>43</b>		<b>836</b>

**Anexo III. Registro fotográfico de algunos géneros de Ephemeroptera.**



Náyades de Ephemeroptera más representativas de las tres localidades muestreadas. A-B. *Americabaetis* sp., C. *Callibaetis* sp., E. *Farrodes* sp., D-F. *Tricorythodes* sp.

Anexo IV. Registro fotográfico de algunos géneros de Odonata.



Náyades de Odonata representativas de las tres localidades muestreadas. A. *Anax*, Sp., B. *Remartinia*, Sp., C. *Oplonaeschna* sp., D. *Archilestes* sp., E. *Erpetogomphus* sp., F. *Hetaerina* sp., G. *Argia* sp., H. *Cordulegaster* sp., I. *Libellula* sp.