

**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Ciencias Naturales**  
**Licenciatura en Biología**

---

---

**Descripción ecológica de la comunidad de los  
macroinvertebrados bentónicos del área de influencia  
de la presa Zimapán Hgo-Qro.**

**TESIS**

**Que para obtener el título de**

**Licenciado en biología**

**presenta:**

**Silvia Laura Hurtado González**

**Director : Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita**

**Centro Universitario**  
**Santiago de Querétaro, Qro. mayo del 2002**

No. Adq.

6622

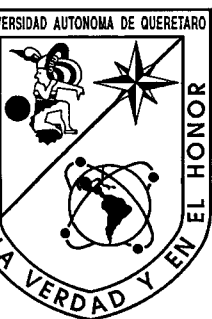
No. Título

Clas.

TS

577.6

H963d



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Ciencias Naturales**  
**Licenciatura en Biología**

---

---

**Descripción ecológica de la comunidad de los  
macroinvertebrados bentónicos del área de influencia  
de la presa Zimapán Hgo-Qro.**

**TESIS**

**Que para obtener el título de  
Licenciado en biología**

**presenta:**

**Silvia Laura Hurtado González**

**Director : Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita**

**Centro Universitario  
Santiago de Querétaro, Qro. mayo del 2002**

## **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma de Querétaro por haber sido mi casa de estudios durante cinco años

A mis padres por el amor y apoyo que me han brindado para realizar todos mis proyectos en la vida

A mis hermanos por existir y estar conmigo en todo momento

A mi familia por el apoyo y cariño incondicional

A Fernando por su amor y apoyo en cada uno de mis proyectos

Al Dr. Pedro Gutiérrez por brindarme su experiencia y conocimientos transmitidos fuera y dentro de la escuela durante estos años

A Ricardo Pérez y Miguel Ángel Rodríguez por el apoyo para la realización de este trabajo.

A Felipe Rojas y José Luis Ramírez por su amistad y apoyo en el trabajo de campo de este trabajo

A Paty Herrera, Esther Mendoza, Bertha Cid, Isabel Rodríguez y Pedro Trejo por su amistad y por hacer del estudio algo muy divertido.

Al Laboratorio de Zoología y todo su personal por haber sido mi segunda casa.

**A Dios por estar conmigo en cada momento**

## Resumen

La presa Zimapán, construida entre los límites de los Estados de Querétaro e Hidalgo, genera energía eléctrica para los estados del centro de la República Mexicana, sin embargo aunque el hombre se ha visto beneficiado, el ecosistema ha sufrido cambios al modificar el flujo natural de los ríos que confluyen en la misma: el río Tula, río San Juan y río Moctezuma. El trabajo consistió en el muestreo de seis localidades abarcando toda el área de influencia de la presa Zimapán. En cada uno de los sitios de muestreo se determinaron los órdenes presentes y sus abundancias a lo largo de un ciclo hidrológico (julio 2000 a junio 2001). Con lo anterior se trazó la dinámica general de los órdenes dominantes y raros, se calcularon los índices de diversidad y por último se determinó el coeficiente de similitud de Jaccard y una prueba de contrastes múltiples para encontrar los sitios más relacionados entre sí. Finalmente, para correlacionar las abundancias de los órdenes con los parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo un análisis de correspondencia (DECORANA). Se encontró que la estacionalidad uno de los principales factores que actúan sobre la dinámica de la comunidad de macroinvertebrados. Las dinámicas de los sistemas manejados guardan mucha relación entre sí, caracterizándose por presentar un orden muy dominante en el sistema y la desaparición casi total de los órdenes raros en ciertas épocas del año. Por otro lado, los sitios menos manejados presentan una dinámica inversa entre órdenes dominantes y raros. Lo anterior hace posible la capacidad de resiliencia del ecosistema y su estabilidad espacio temporal.

## **Contenido**

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	6
5. Localización del área de estudio	7
6. Métodos	
6.1. Determinación de los puntos de muestreo	9
6.2. Muestreo	9
6.3 Trabajo de laboratorio	10
6.4 Análisis de resultados	10
7. Localización de los puntos de muestreo por cuencas	13
8. Resultados	
8.1. Río Alfajayucan	
Descripción ecológica del sitio	15
Ecología de la comunidad	18
Índices ecológicos	21
Discusión	23
8.2. Manantial Epazote	
Descripción ecológica del sitio	24
Ecología de la comunidad	27
Índices ecológicos	30
Discusión	32

### 8.3. Río Tecozautla

Descripción ecológica de la zona 33

#### 8.3.1 Antes de la represa

Ecología de la comunidad 36

Índices ecológicos 38

#### 8.3.2 Después de la represa

Ecología de la comunidad 40

Índices ecológicos 42

Discusión 44

### 8.4. Arroyo Boyecito

Descripción ecológica de la zona 45

Ecología de la comunidad 48

Índices ecológicos 51

Discusión 53

### 8.5 Río Moctezuma

Descripción ecológica de la zona (Moctezuma y Toliman) 54

Ecología de la comunidad 58

Índices ecológicos 61

Discusión 63

### 8.6. Arroyo Tolimán

Ecología de la comunidad 64

Índices ecológicos 66

Discusión 68

9. Análisis comparativo de los ecosistemas	
9.1 Análisis de similitud de Jaccard	69
9.2 Análisis estadístico: Prueba de contrastes múltiples y Decorana.	74
10. Discusión General	80
11. Conclusiones	85
12. Literatura citada	87
13. Anexos.	



## 1. Introducción

La historia de la humanidad se ha visto frecuentemente modulada por la existencia de los ríos que proporcionan agua, transporte y un medio de deposición de residuos. Aunque la superficie total cubierta por los ríos y corrientes es pequeña comparada con la de los océanos y los continentes, los ríos son los ecosistemas naturales más intensamente usados por el hombre (Gutiérrez-Yurrita, 2000).

La construcción de lagunas y lagos artificiales (embalses) son algunos de los sistemas con que el hombre ha cambiado de forma más conspicua el paisaje en aquellas regiones que carecen de masas naturales de agua. La mayoría de estas construcciones benefician al hombre, pero desestabilizan el ciclo general en la cuenca hidrográfica afectando su diversidad de ambientes acuáticos y terrestres, uniformizando y homogeneizando el paisaje (Gutiérrez-Yurrita, 2000).

La construcción de la central hidroeléctrica Ing. Fernando Hiriart Balderrama, mejor conocida como Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, PHZ, o presa Zimapán, contempló la generación de energía eléctrica para el abastecimiento de importantes áreas del país. Aprovechándose las condiciones naturales del sistema, se decidió construir una cortina sobre el río Moctezuma, en la boca del cañón del infiernillo, a escasos 350 m de donde se encontraba la confluencia de los ríos San Juan y Moctezuma para comenzar el almacenamiento de 850 Mm<sup>3</sup> de agua (Instituto de Geofísica, 1998).

La construcción de una presa siempre representa cambios de algún tipo en su entorno debido a que el volumen de agua almacenado, altera el microclima. El agua actúa como un eficiente regulador térmico lo cual provoca alteraciones a los

ecosistemas establecidos en las inmediaciones del embalse. Por otro lado, ocasiona cambios en la magnitud de los caudales, en la periodicidad de las variaciones de los mismos o en la calidad del agua de los flujos debido a la presencia de un embalse (Jenkins, 1984 y Hendrichs, 1984).

La estabilidad del ecosistema de un río puede ser vista como una tendencia a reducir cambios en el flujo de energía, mientras la estructura y función de las comunidades varían con las condiciones ambientales. Con las amplias variaciones del ambiente las comunidades biológicas asumen gran importancia en la estabilidad del sistema entero (Ricklefs, 1979).

En un sistema con gran estabilidad física la diversidad biológica puede ser baja pero se mantiene la estabilidad del sistema. Del mismo modo, grandes variaciones físicas en el sistema pueden mantener estable una alta diversidad específica (Vannote, 1980).

Debido a la estacionalidad, los procesos ecológicos naturales del ecosistema tienden a mostrar uniformidad en el flujo de energía en un ciclo anual (Minshall, 1967). Así las comunidades biológicas pueden ser caracterizadas por una secuencia temporal de reemplazamiento de especies, con la finalidad de mantener los procesos dentro del sistema general (Minshall, 1968; Vannote, 1978 y Sweeney y Vannote 1979).

## 2. Antecedentes

Ha resultado útil el estudio de las comunidades del macrobentos en el análisis del ecosistema, pues estas comunidades y su productividad se ven afectadas por diversos factores abióticos (Growth et al. 1992; Schreiber, 1995; Bournaud, et. al. 1996). Uno de los principales factores a considerar debe ser la hidrología del sistema (Batzer y Resh, 1992). Las comunidades de invertebrados en cuerpos de agua temporales crecen más rápidamente que en los que no lo son. En estos últimos los periodos de reabastecimiento marcan fuertemente la dinámica del sistema (Batzer y Wissinger, 1996). La estacionalidad es crucial en las historias de vida de las especies. Así como los niveles de agua pueden subir y bajar, los hábitat en los ríos y arroyos pueden expandirse o contraerse modificando la disponibilidad de recursos, los hábitats comienzan a aislarse unos de otros y el régimen de flujo sufre cambios, alterando otros gradientes físicos (Power *et al* 1988).

Otros elementos y factores ambientales que también pueden influenciar la dinámica y estructura de las comunidades del macrobentos son: la estacionalidad, diversidad de microambientes, la acidez del agua, los niveles de oxígeno y la temperatura, así como el tipo de nutrientes, por mencionar algunos (Power, *et al*, 1988, Graca *et al*, 1989; Growth *et al*. 1992; Batzer y Wissinger, 1996, ).

La presa de Zimapán altera la hidrodinámica regional y provoca, que al decrecer la velocidad de los tributarios en el embalse se incrementen los patrones de sedimentación, y se disminuya la concentración de oxígeno; además el agua trae grandes cantidades de materia orgánica y la descomposición de ésta altera los procesos citados. La calidad del agua del embalse se enriquece en compuestos

inorgánicos e incrementa su concentración de nutrientes principalmente fósforo (P) y nitrógeno (N), lo que lleva a un incremento en la productividad primaria y consecuentemente a un proceso de eutrofización (Instituto de Geología, 1987).

A la fecha, se cuenta con una serie de trabajos que han abordado el tema de calidad de agua, para conocer el impacto en la biota e implicaciones en la salud (Mazari 1992 y Pitre 1994; Palacio y colaboradores 1994; Martínez 1995; el CEACA 1997; la Secretaría de Salud 1998, Centro Queretano de Recursos Naturales, 1999). También se han hecho numerosos estudios sobre la caracterización piscícola del embalse y de todo el sistema hidrológico antes (de Buen, 1945; Crisóstomo, 1994;) y después de la construcción del embalse (Equihua y Sosa, 1996; Gutiérrez-Yurrita y ramírez, 1999 y Morales y Gutiérrez-Yurrita, 2000). Finalmente se tienen registros de pequeños estudios sobre el impacto en los acuíferos locales y regionales con la construcción del embalse (Instituto de Geofísica, 1998). Sin embargo, en lo referente a descripciones de comunidades del macrobentos solo se tienen registros de distribución y de listados de odonatos y crutáceos (Alonso, 2000 y Gutiérrez-Yurrita y Padilla, 2002) para la zona de Zimapán.

### **3. Justificación**

Dado que la estructura y dinámica del macrobentos son sensibles a pequeños cambios ambientales se pueden tomar como modelo para entender el funcionamiento de diferentes ecosistemas ya sean éstos manejados o no por el hombre.

Por otro lado, CONABIO ha decretado esta zona como de prioridad para inventariar la flora y fauna y debido a la falta de información sobre la diversidad específica acuática principalmente de los macroinvertebrados, en la zona de confluencia de las Hustecas.

Además el presente trabajo y otros relacionados entre sí, forman parte del proyecto titulado "Estudio ecosistémico y ordenación pesquera de Zimapán", en donde se está abordando a diferentes escalas espacio temporal los procesos ecológicos considerando a la presa Zimapán y su área de influencia como un conjunto de ecosistemas interconectados pero independientes en el ámbito de actuación de los procesos ecológicos que les dan su identidad propia. Todo esto con la finalidad de desarrollar estrategias de gestión coherentes con el medio natural y humano de la zona.

## **4. Objetivo General**

Conocer la estructura y dinámica de las comunidades de los macroinvertebrados bentónicos del área de influencia de la presa Zimapán Hgo-Qro, durante un ciclo hidrológico natural.

### **Objetivos particulares**

- Realizar un inventario de la fauna macroinvertebrada bentónica (a nivel de orden) de los principales afluentes a la presa Zimapán.
- Conocer la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de Zimapán.
- Conocer la dinámica de las comunidades de macroinvertebrados a lo largo de un ciclo hidrológico.

## 5. Localización y descripción de la zona de estudio

La Presa Zimapán se inauguró en 1991, y fue construida con la finalidad de generar electricidad para los estados de Hidalgo y Querétaro, además de algunas zonas del Centro de la República Mexicana (Instituto de Geofísica UNAM, 1998). Se encuentra entre los límites de ambos estados, en el cañón del Infiernillo, en donde se forma el río Moctezuma por la unión de los ríos Tula y San Juan (Morales, 1994)(Fig. 1).

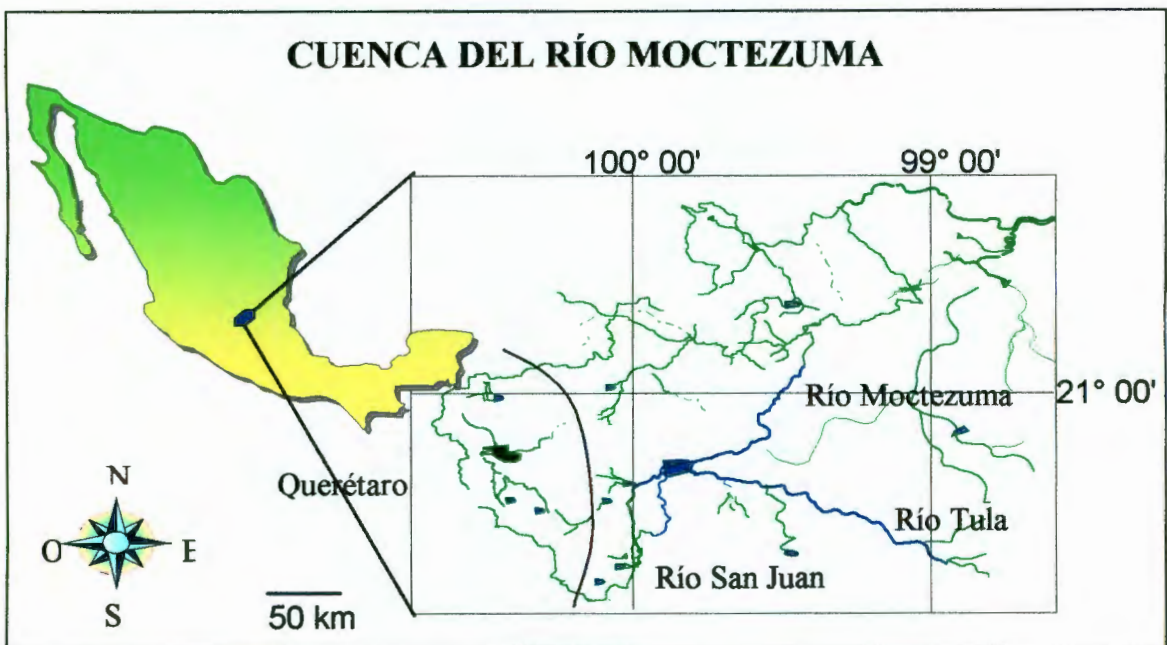


Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio.

La presa Zimapán se ha convertido en un embalse emblemático para los estados de Querétaro e Hidalgo, debido a su magnitud (más de 22.9 Km<sup>2</sup>), al impacto socio-económico que genera su planta hidroeléctrica en ambos estados, a los beneficios que podría generar en la población local mediante el uso de sus recursos faunísticos, así como a las bondades que presentan los ecosistemas de la presa y las microcuencas que las abastecen como potenciales centros de desarrollo turístico (Gutiérrez-Yurrita, 2000).

**Coordenadas Geográficas: Área de Influencia**

20° 00' a 22° 00' latitud norte y 100° 00' a 99° 00' latitud oeste con una variación en la altura que va de 1000 a 1900 msnm.

**Coordenadas Geográficas extremas: Presa Zimapán**

20° 36' a 20° 45' latitud norte y 99° 31' a 99° 40'

**Fisiografía**

El embalse se encuentra en la Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo de la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico Transmexicano (Instituto de Geología, 1998).

**Hidrología**

El embalse forma parte de la Región Hidrológica Administrativa Golfo Norte (IX), la cual abarca el sistema hidrológico Pánuco, en donde se integran las cuencas del río Tula, río San Juan y río Moctezuma (INEGI, 2001).

**Geología**

Geológicamente está definida por estructuras de rocas ígneas extrusivas como conos cineríticos, volcanes, calderas, flujos piroclásticos y mesetas de derrames lávicos. La estructura más importante es La Caldera de Huichapan, localizada al sur del embalse. En sus inmediaciones, tanto el río San Juan como el río Tula tenían sus causes sobre rocas volcánicas constituidas por brechas, tobas y derrames andesíticos y basálticos. El tipo de rocas en las que se encuentra el embalse es favorable para la estanqueidad aunque localmente se pueden encontrar zonas con permeabilidades más altas (Instituto de Geología, 1998).



## **6. Métodos**

### **6.1 Determinación de los puntos de muestreo**

Durante esta fase se hizo una salida prospectiva para determinar cuáles serían los puntos de trabajo, para lo cual se hizo un recorrido por los afluentes del embalse y el embalse mismo, así como su zona de influencia. Se consideraron puntos de muestreo aquellos lugares que aportaron la mayor cantidad de información de las comunidades macroinvertebrados bentónicos a lo largo del gradiente hidrológico, de acuerdo a datos obtenidos por el proyecto general de Zimapán antes mencionado.

### **6.2 Muestreo**

El muestreo fue mensual durante el periodo hidrológico julio 2000 a junio 2002. En cada uno de los puntos se tomaron los parámetros físico-químicos del agua como el oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y pH. Al mismo tiempo se registraron las características de los microambientes como: tipo de sustrato, vegetación y ubicación dentro del tramo del río muestreado. Todo lo anterior fue registrado en el etiquetado de las muestras de

Para el muestreo de los macroinvertebrados fue con red de cuchara (de 1mm de luz) en orilla y zona poco profunda (menores a 2 m). En zonas de profundidad mayor a 5 metros se usó una draga tipo eckman para obtener sedimento y muestras de los macroinvertebrados. Mientras que en los ríos y arroyos poco profundos, pero con abundante flujo, más de 3km/h, se usaron redes surber (Merrit y Cummins, 1984). Las muestras del macroinvertebrados se fijaron en alcohol 70% y etiquetadas con la información abiótica, así como localidad y fecha. Las colectas se estandarizaron de acuerdo a cada zona de colecta, para que los datos sean comparables por lo que los

arrastrés abarcaron un área aproximada de 1m<sup>2</sup> para después poder calcular la abundancia del macroinvertebrados. El número mínimo de muestra para cada localidad se determinó con el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Brower y Zar, 1984).

### 6.3 Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio consistió en la separación de las muestras biológicas, determinación de los macroinvertebrados con ayuda de las claves de Merrit y Cummins (1984); y finalmente la cuantificación de los macroinvertebrados por órdenes con ayuda del estereomicroscopio, para más tarde calcular abundancia (Brower y Zar, 1984).

### 6.4 Análisis de resultados

Se calculó el índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual asume que los individuos se muestrearon al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies están representadas en la muestra. Este índice está dado por la siguiente función (Magurran, 1989):

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

donde:

H' = Información contenida en la muestra (individuos) = Índice de diversidad de especies.

s = Número de especies

P<sub>i</sub> = Proporción de cierta especie con respecto del total de especies

Este índice se escogió pues corresponde a los de Tipo I que son aquellos que hacen énfasis sobre los cambios que sufren las especies raras dentro de la comunidad. Los valores obtenidos cercanos a 0 indicarán baja diversidad y los más altos denotarán

un incremento en la diversidad pero, prácticamente ningún valor estará sobre 5 (Krebs, 1989).

Además se calculó el índice de Brillouin (HB) con la finalidad de conocer las interacciones de los órdenes dentro de cada sistema muestreado (Magurran A. 1989), con la siguiente expresión:

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln n_j!}{N}$$

Donde:

HB= Índice de diversidad de Brillouin  
N= al numero total de individuos colectados  
 $n_j$ = individuos registrados por orden

Una vez obtenidos los resultados del índice de Brillouin, se corrió una prueba de contrastes múltiples (less square differences: LSD) con el cual se puede conocer cuales de las medias son estadísticamente diferentes y cuales no. Esto se hizo para agrupar los sitios de muestreo por su diversidad. Este análisis se hizo en el programa estadístico STATGRAPHICS ver. 2.

Por otro lado se obtuvo el índice de similitud de Jaccard ( $S_j$ ), el cual está basado en la presencia o ausencia de datos en la siguiente expresión (Krebs, 1989):

$$S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

Donde:

$S_j$ = Coeficiente de similitud de Jacard  
a= numero de especies presentes en la muestra A y en B  
b= numero de especies presentes en la muestra B pero no en A  
c= numero de especies presentes en la muestra A pero no en B  
d= numero de especies ausentes en ambas muestras

Si el valor del coeficiente de similitud esta cerca de 0 indica disimilitud, pero si se acerca a 1 entonces se trata de similitud completa (Magurran, 1989).

Al mismo tiempo se hizo un análisis de cluster por liga completa para respaldar los datos obtenidos con el coeficiente de similitud. Para este análisis se usó el programa estadístico STATGRAPHICS ver. 2.

Para correlacionar la presencia de los órdenes a los factores fisicoquímicos registrados en cada uno de los puntos de muestreo se hizo un Análisis de Ordenación por Correspondencia (DECORANA), en donde  $\chi^2$  mide el grado de asociación entre las variables y los órdenes en una tabla de contingencia con I renglones (órdenes) y J columnas (variables), por medio de la siguiente ecuación (McCunne y Mefford, 1997):

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde:

- $\chi^2$  es la correspondencia entre variables y ordenes
- $O_{ij}$  es la frecuencia observada
- $E_{ij}$  es la frecuencia esperada

El DECORANA se corrió usando un paquete para análisis multivariados de datos ecológicos PC-ORD ver. 3.17

## **7.- Ubicación de los puntos de muestreo por cuencas**

Dentro de la cuenca del río San Juan quedan comprendidos dos puntos de muestreo: por un lado, el Arroyo Boyecito que se ubica en los límites del Estado de Querétaro e Hidalgo, en los municipios de Cadereyta y Tecozautla respectivamente; y por otro lado tenemos el río Tecozautla en estado de Hidalgo, que se une al río San Francisco para finalmente desembocar en el río San Juan. Mientras que en la cuenca del río Tula se localizan dos puntos más, el primero es el Epazote el cual tiene colindancia directa con la Presa Zimapán y finalmente el río Alfajayucan, estos dos puntos localizados dentro del Estado de Hidalgo. Finalmente en lo que corresponde a la cuenca del Moctezuma han quedado comprendidos otros dos sitios de muestreo el primero directamente en el río Moctezuma aproximadamente 2 Km después de la unión con el antiguo cauce y el agua desechada de las turbinas después de la generación eléctrica; y el otro punto es sobre el arroyo Tolimán el cual es un tributario del río Moctezuma a la altura de casa de máquinas del PHZ (Fig. 2).

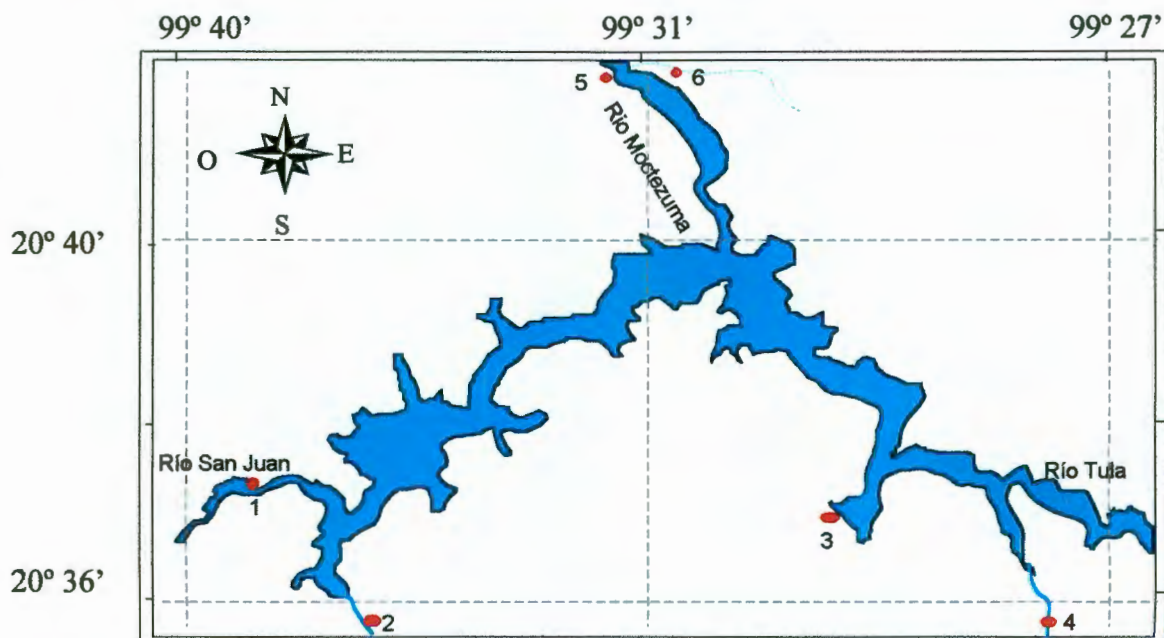


Fig.2 Localización de los puntos de muestreo dentro del área de influencia de la presa Zimapán



## 8.1 Alfajayucan

### Localización y Descripción ecológica

El río Alfajayucan pertenece a la cuenca del río Moctezuma, siendo un tributario directo del río Tula, constituyendo la subcuenca del río Alfajayucan.

Coordenadas geográficas extremas 20° 31' y 20° 18' norte y 99° 18' y 99° 33' al oeste de longitud oeste (Fig. 8.1.1). Fisiográficamente pertenece a la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, de la Provincia del Eje Neovolcánico (INEGI, 1997).

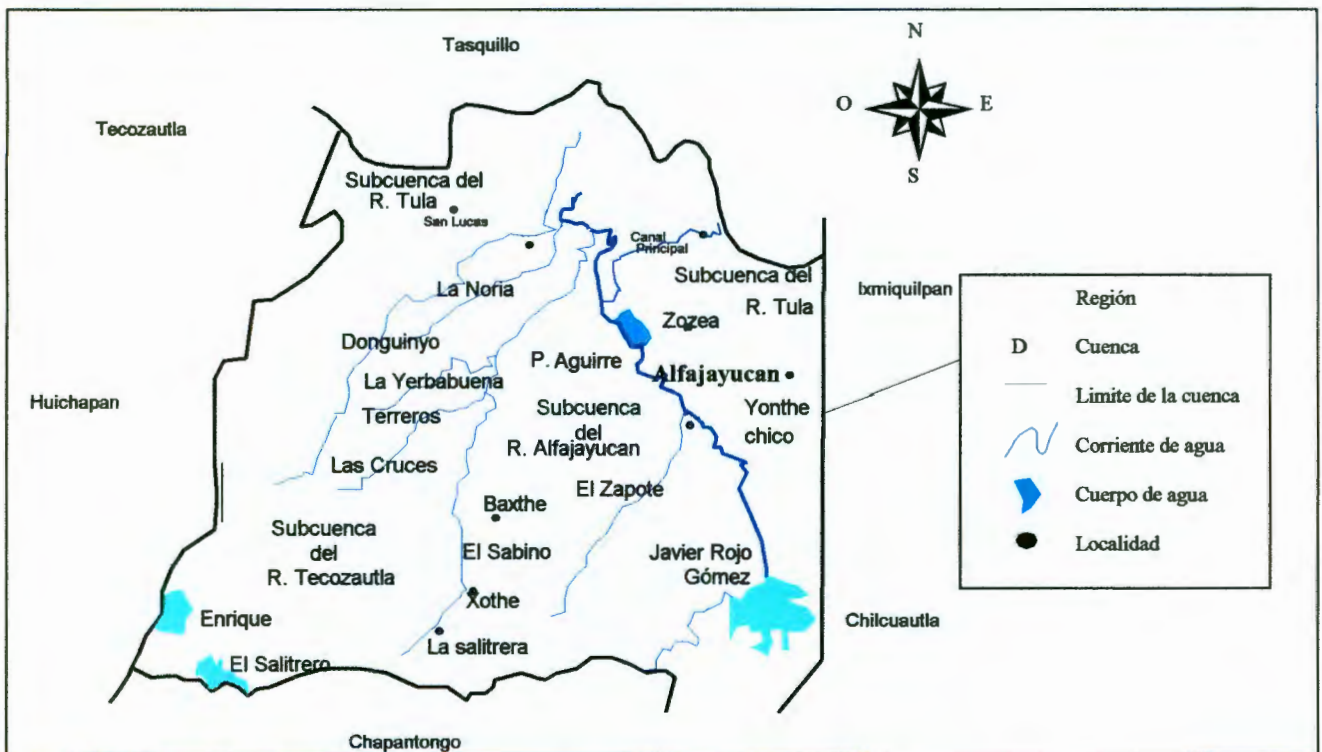


Fig. 8.1.1. Ubicación del área de estudio sobre río Alfajayucan.

En esta zona domina un clima semiseco templado con lluvias en verano (INEGI, 1997). La temperatura media anual es 15.9° C con una máxima en el mes de junio (18° C) y las más bajas para los meses de diciembre y enero con 13.9 y 13.5° C respectivamente. La precipitación media anual de 382.1 mm siendo los meses de junio a septiembre los más lluviosos. En la Figura 8.1.2 se muestra el diagrama ombrotérmico para la zona de Alfajayucan elaborado con los datos obtenidos de la estación climática ubicada en el municipio de Alfajayucan, Hgo. (García, 1983).

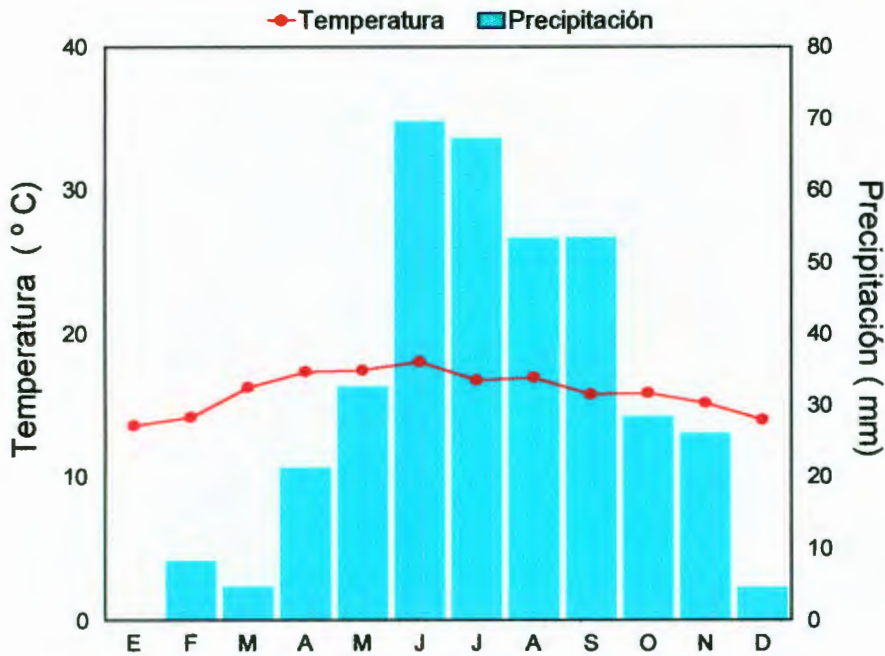


Fig. 8.1.2. Diagrama ombrotérmico de la zona de Alfajayucan.

En general la zona cuenta con matorrales espinosos en los que predomina *Prosopis* spp. y *Mimosa* spp. En el lugar abunda la vegetación riparia de galería dominando los sauces (*Salix* sp.), además de numerosas plantas acuáticas entre las que destacan las libres flotadoras (*Egeria densa* y *Hydrocotyle* sp.). En cuanto a sustratos predominan arenas y gravas. En la zona podemos encontrar dos tipos de



ambientes: lóticos en los tramos más estrechos, y semilénticos donde hay pequeños remansos en donde el agua se estanca. Todas estas características propician gran diversidad de microambientes (Fotos. 8.1.1 y 8.1.2).



Foto. 8.1.1. Río Alfajayucan en la parte donde se comporta como cuerpo de agua lótico.



Foto. 8.1.2. Río Alfajayucan en la parte donde se comporta como cuerpo de agua léntico.

## Ecología de comunidades de Alfajayucan

### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del ciclo se registraron 16 órdenes en Alfajayucan de los cuales, cuatro se comportan como especies dominantes, Diptera, Ephemeroptera, Anelida y Gastropoda (35.7%, 18.2%, 15% y 13.5% respectivamente)(Fig. 8.1.3). Por otro lado se registraron cuatro ordenes como los menos abundantes: Collembola, Hirudina Homoptera y Plecoptera todos con menos de 1% del porcentaje total.

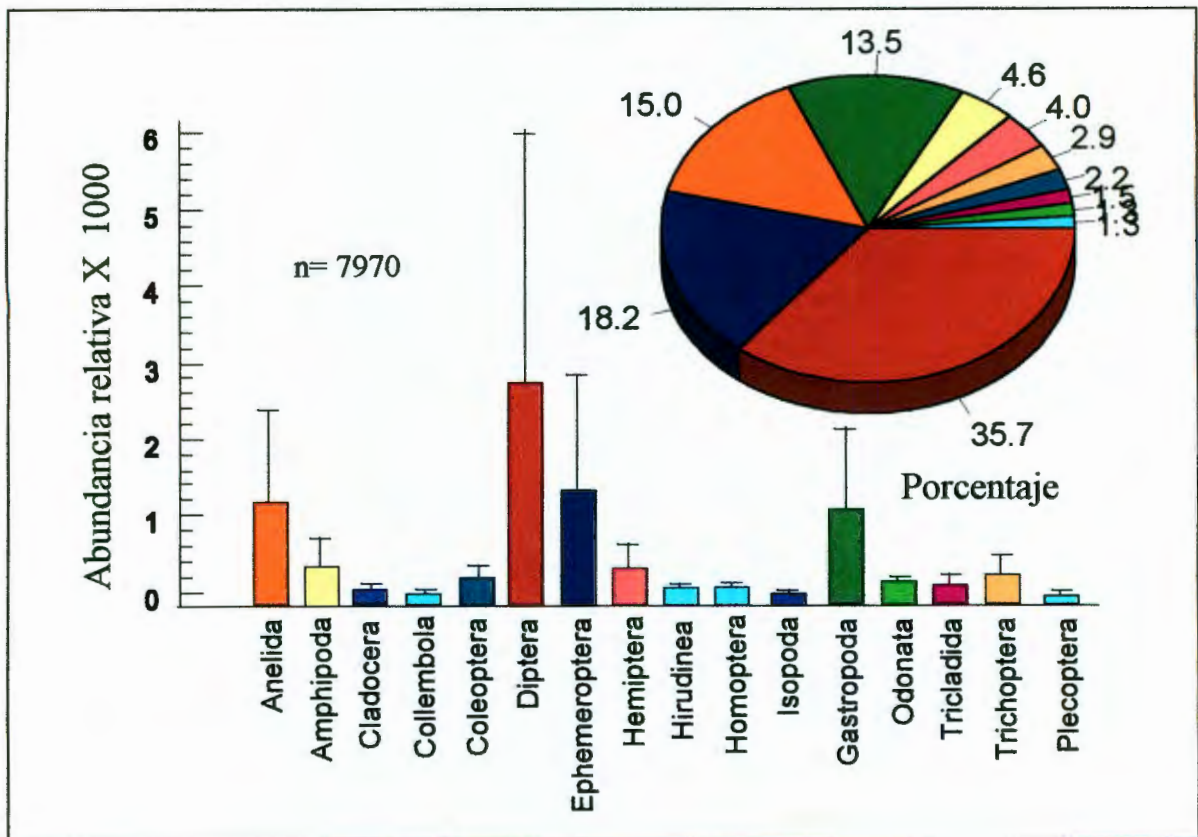


Fig. 8.1.3 Abundancia relativa de los órdenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Alfajayucan. La figura de pastel muestra el porcentaje de abundancia de cada orden respecto al total de individuos colectados.

El registro de órdenes por mes a lo largo de todo el ciclo hidrológico se observa en la Figura 8.1.4, se muestra que la mayor cantidad de órdenes existen en son julio y febrero. El resto de los meses presentan grandes fluctuaciones, encontrándose en enero el registro más bajo, con apenas tres órdenes.

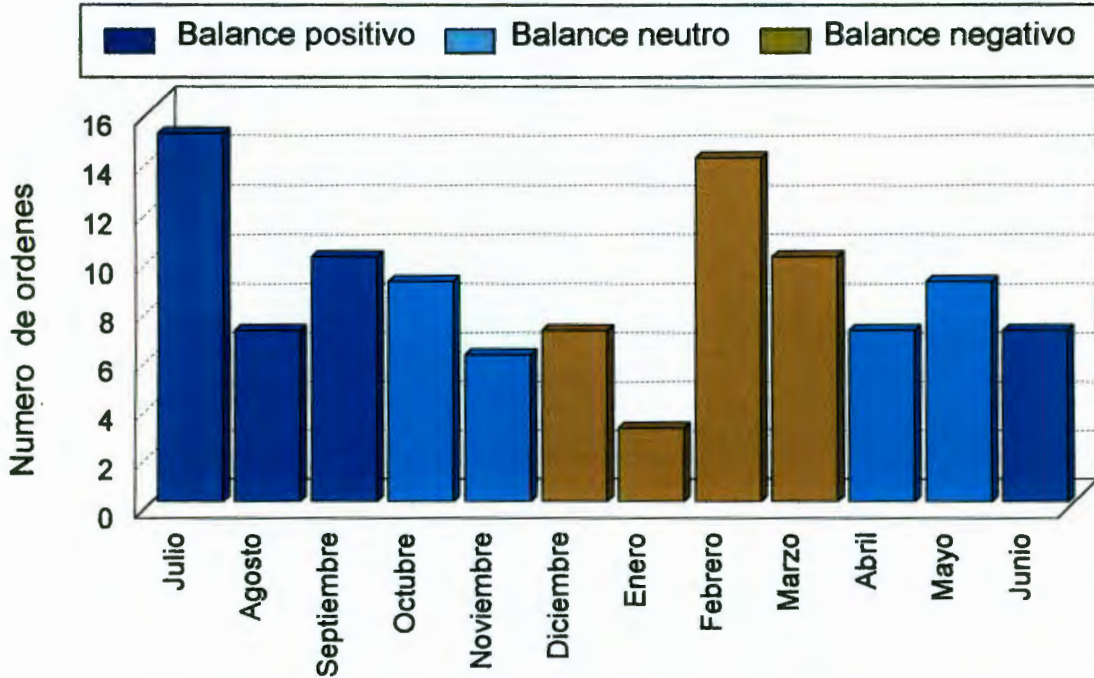


Fig. 8.1.4. Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Alfajayucan. El balance neutro corresponde a una relación equitativa en la evapotranspiración, el balance positivo corresponde a un aumento de precipitación y el balance negativo corresponde a un aumento en la temperatura y baja precipitación.

### Dinámica de las poblaciones

La dinámica de los órdenes presenta grandes fluctuaciones a lo largo del año (Fig. 8.1.5). Los Diptera presentan un incremento en su abundancia durante los meses de enero a abril; descendiendo rápidamente en mayo y manteniéndose el resto del ciclo con pequeñas fluctuaciones y alcanzando niveles mínimos durante los meses de diciembre y enero. En el caso de los Ephemeroptera, presentan dos

máximos en su abundancia que corresponden a los meses de octubre y marzo, siendo el primero de menor escala que el segundo. En ambos casos los incrementos sólo se mantienen por un mes y el resto del año registran valores muy bajos.

Finalmente, los órdenes raros presentan dos picos de menor magnitud que los grupos dominantes, uno se prolonga durante los meses de febrero y marzo, correspondiendo con los incrementos de los órdenes dominantes. Sin embargo, en el segundo incremento, se registró en mayo cuando los órdenes dominantes se encontraban con abundancias bajas (Fig. 8.1.5). En general se puede decir que los órdenes raros presenta una dinámica inversa a la de los Ephemeroptera.

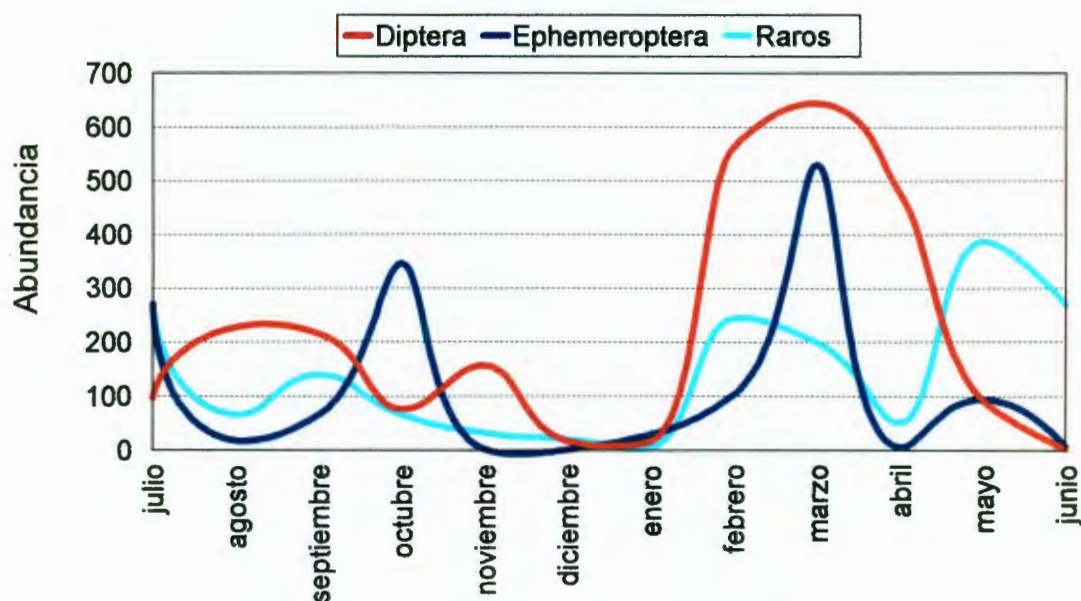


Fig. 8.1.5 Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el río Alfajayucan.

### Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

En la figura se encuentran los resultados del índice de diversidad indicando que los meses con mayor diversidad en el río Alfajayucan son julio, febrero y mayo (2.60 2.63 y 2.43 respectivamente)(Fig 8.1.6). Los cuales guardan relación con las mayores abundancias de los grupos dominantes y raros.

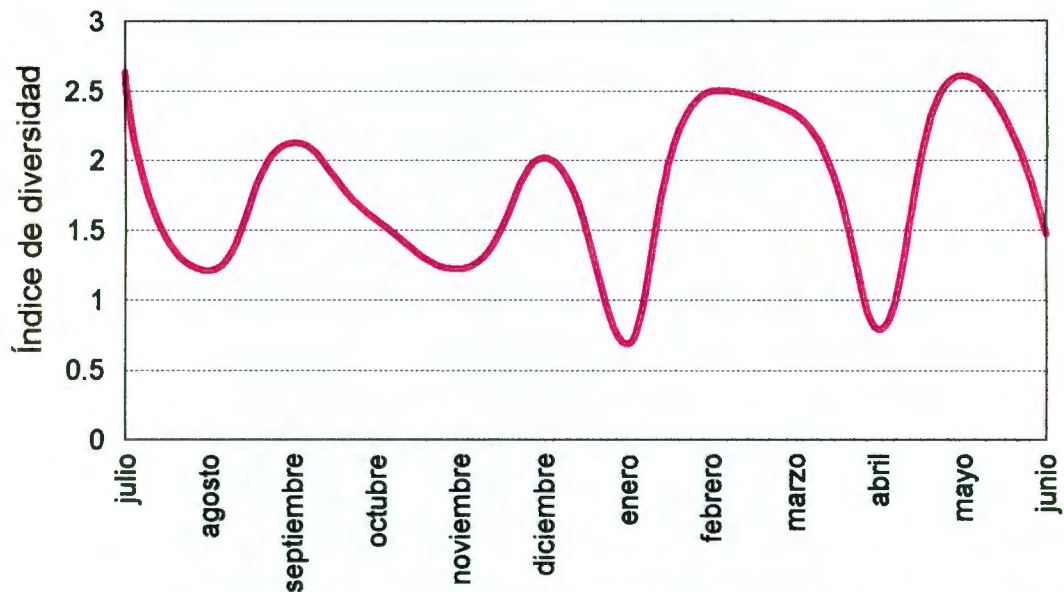


Fig. 8.1.6. Índice de diversidad de Shannon-Wiener a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Alfajayucan.

### Índice de diversidad de Brillouin

Al calcular el índice de diversidad de Brillouin se encontró que para el río Alfajayucan los meses con mayor diversidad son julio, febrero y mayo (Tabla 8.1.1), lo cual concuerda con los resultados de diversidad de Shannon Wiener (Fig. 8.1.6).

Tabla. 8.1.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el río Alfajayucan. Donde los valores altos indican mayor diversidad que los valores bajos.

<b>Mes</b>	<b>Índice de Brillouin</b>
julio	4.31
agosto	2.16
septiembre	3.73
octubre	2.60
noviembre	1.28
diciembre	0.57
enero	1.34
febrero	4.27
marzo	4.07
abril	0.85
mayo	4.52
junio	2.41

## **Discusión**

La estacionalidad es uno de los factores que interfiere con la distribución y abundancia de las especies, dado que las fluctuaciones en el nivel del agua no sólo afectan la disponibilidad de hábitats sino también marca el grado de aislamiento que estos puedan tener y además modifica la disponibilidad de refugios para grupos vulnerables (Power, *et al.* 1988). Así durante los meses de recarga y pérdida de agua del sistema, que es cuando se presenta una relación equitativa (balance neutro) en la evapotranspiración (abril-mayo y octubre-noviembre), hay estabilidad en la riqueza de órdenes, pero cuando se registra una relación positiva o negativa de la relación de precipitación-temperatura hay gran fluctuación de riqueza de órdenes y de sus abundancias. Bajo estas hay una relación inversa entre los órdenes abundantes y raros, ya que los primeros disparan sus abundancias manteniendo a las poblaciones de los órdenes raros con menor abundancia. Lo cual muy posiblemente se deba a que los órdenes dominantes se localizan ocupando los nuevos ambientes formados con la llegada de agua, mientras que los raros sólo se encuentran restringidos a microambientes muy particulares. Por otro lado al finalizar la época del balance negativo se registra un incremento en las abundancias tanto de los órdenes dominantes como los raros, pero a diferentes escalas, lo cual probablemente este asociado a la época de reproducción y la disminución de agua que influyeron sobre el muestreo.

## 8.2 Manantiales del Epazote

### Descripción ecológica del sitio de muestreo

Los manantiales del Epazote abastecen directamente a la Presa Zimapán y forman una subcuenca dentro de la cuenca del río Tula. Esta subcuenca cuenta con tres afluentes intermitentes El Potrero, El Avocado y el Epazote, los cuales, antes de llegar a la presa confluyen en dos manantiales permanentes (Fig.8.2.1). Esta microcuenca capta toda el agua que escurre tierra arriba donde abundan las arenas que permiten que el agua se filtre llegando hasta la pared de roca y arcilla que hace que afloren y surjan los manantiales en forma de retuerta (INEGI, 1992).



Fig. Ubicación del área de estudio de los manantiales del Epazote.



La zona cuenta con un clima semiseco cálido, presentando lluvias de verano con invierno fresco, la temperatura media anual es de 27° C, la máxima se presenta en los meses de abril y agosto con 28° C y la mínima en diciembre con 22° C. La precipitación total anual es de 516 mm, siendo el mes de agosto el de mayor precipitación con 108 mm. En la figura 8.2.2 se muestra el diagrama ombrotérmico para la zona del Epazote elaborados con datos de la estación climática de Tasquillo (García, 1986).

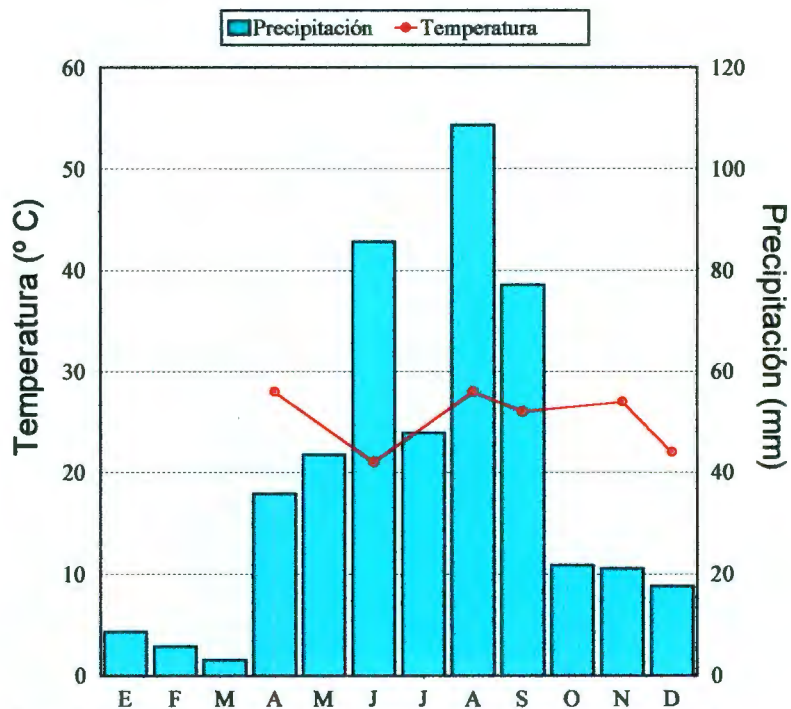


Fig. 8.2.2. Diagrama ombrotérmico de la zona del Epazote

Estos manantiales están represados en el límite con la presa Zimapán, formando cuerpos de agua de aproximadamente 2 m de profundidad máxima, con poco intercambio de agua, en la temporada de no lluvias ya que la represa evita su libre flujo. Los manantiales presentan condiciones distintas: el manantial del sur es

## Descripción ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos: Epazote

un sistema muy eutrofizado en donde se presentan grandes fluctuaciones de oxígeno e incluso puede estar anóxico. Por otro lado el manantial del norte presenta gran variedad de ambientes, sustrato arenoso, arcilloso y vegetación sumergida y emergente, además de diferentes profundidades. En este manantial es evidente la aportación de agua por el arroyo el Potrero y tienen una salida constante de agua directamente sobre la presa Zimapán (Fotos. 8.2.1-2,-3).



Foto. 8.2.1. Zona aledaña a los manantiales El Epazote.



Foto. 8.2.2. Manantial sur del Epazote.



Foto. 8.2.3. Manantial norte del Epazote.

En la zona predominan los matorrales, además en la zona se siembra maíz para aprovechar el agua de los manantiales. Abunda la vegetación riparia como: *Salix* spp. y *Tipha, latifolia* y macrófitas emergentes (Fotos. 8.2.1).

## Ecología de comunidades de los Manantiales del Epazote

### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del año se registraron 18 órdenes en los manantiales del Epazote, de los cuales, dos se comportan como órdenes dominantes: Diptera y Ephemeroptera, con el 47.0 % y 17.7% de la abundancia total de individuos colectados, respectivamente. Por otro lado, se registran gran cantidad de órdenes con porcentajes de abundancia muy bajos, entre los que destacan: Amphipoda, Cladocera, Collembola, Hirudinea, Isopoda, Trichoptera, Copepoda, Plecoptera y Concostracea, todos con menos de 1% del porcentaje total (Fig. 8.2.3).

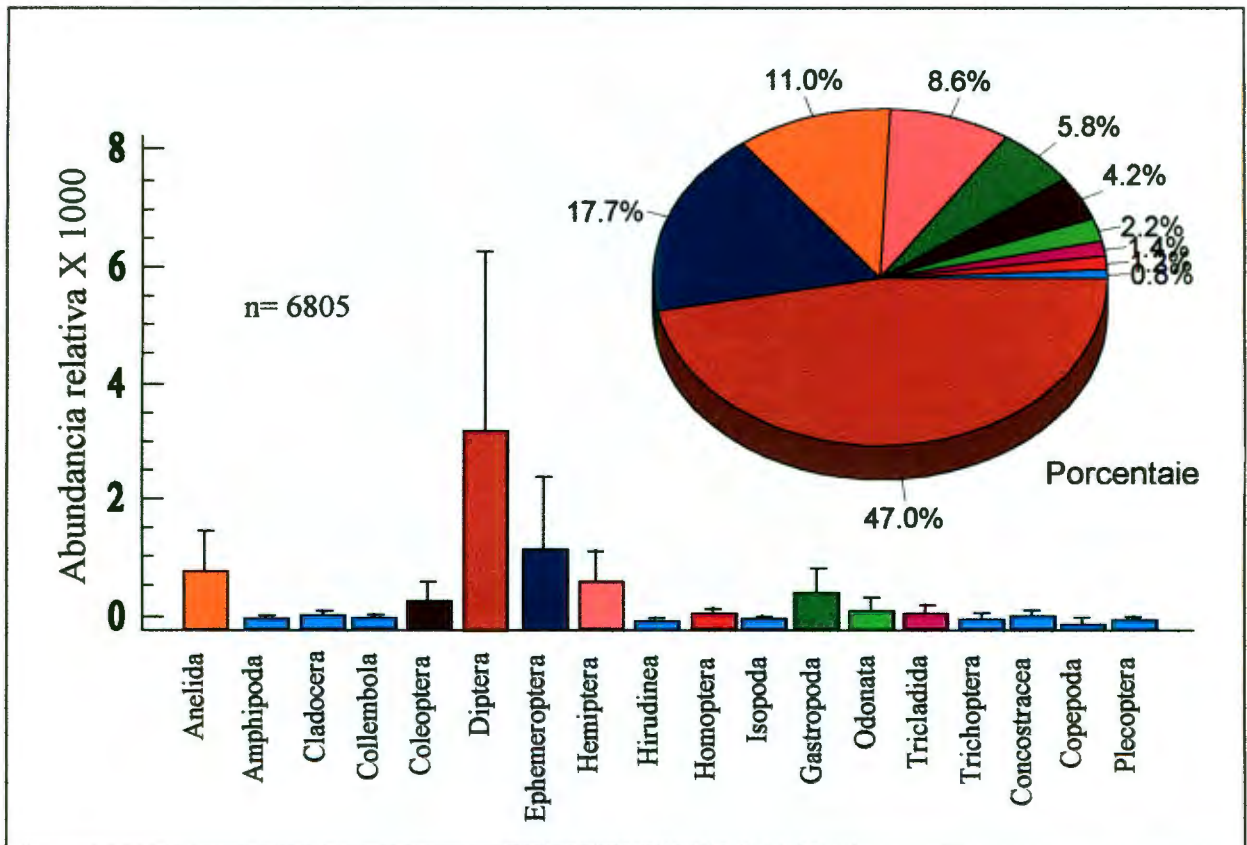


Fig. 8.2.3. Abundancia relativa de los órdenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en los manantiales del Epazote. En la figura de pastel se muestra el porcentaje de cada orden con respecto al número total de individuos colectados.

En la figura 8.2.4, se muestra el número de órdenes de macroinvertebrados bentónicos del Epazote. Los meses de septiembre, julio y febrero fueron los más abundantes (15, 12, y 12 respectivamente); cabe señalar que el periodo de secas mostró mayor estabilidad en el numero de órdenes presentes (octubre a abril) .

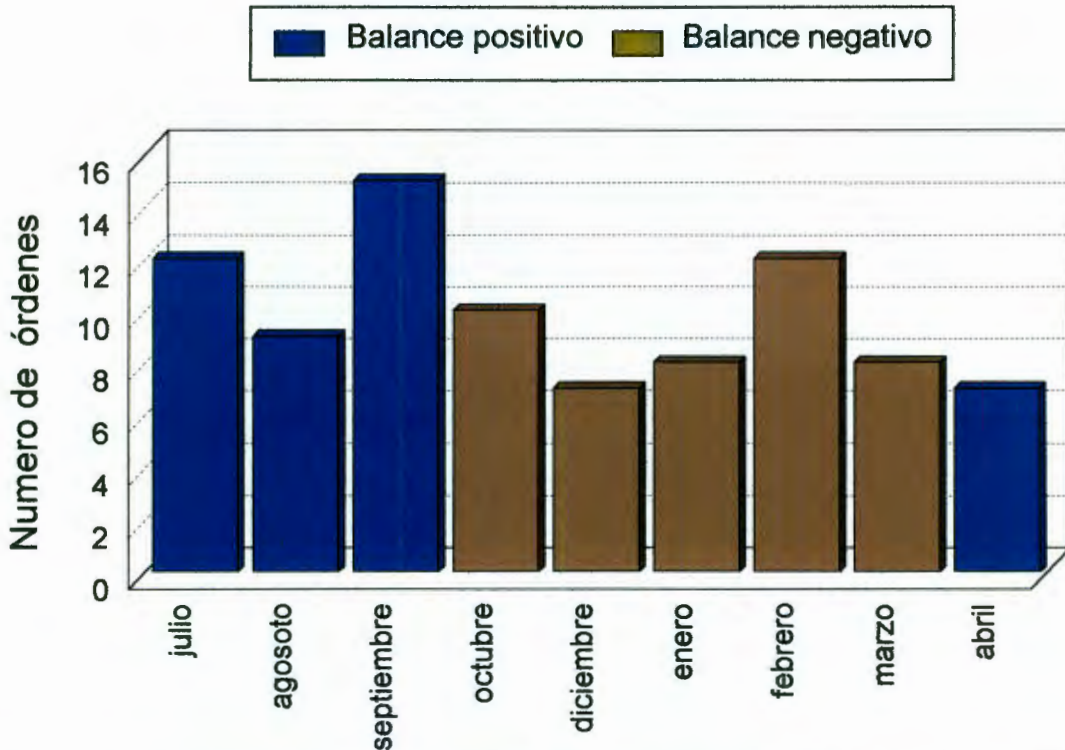


Fig. 8.2.4. Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en los manantiales del Epazote. Donde el balance positivo corresponde a un aumento de precipitación y el balance negativo corresponde una baja precipitación.

La dinámica de la estructura de la comunidad a nivel de orden durante un ciclo hidrológico señala que el orden más dominante (Diptera) presenta un incremento en el mes de julio para después mantenerse constante el resto del ciclo pero con menor abundancia de efectivos poblacionales. En el caso del orden Ephemeroptera, que siguen en abundancia al Diptera, presenta un incremento inmediato al decremento de los Diptera, con pequeñas fluctuaciones el resto del

ciclo. Finalmente en el caso de los órdenes raros presentan ligeros incrementos en su abundancia numérica de individuos cuando los órdenes dominantes decrecen.

(Fig. 8.2.5).

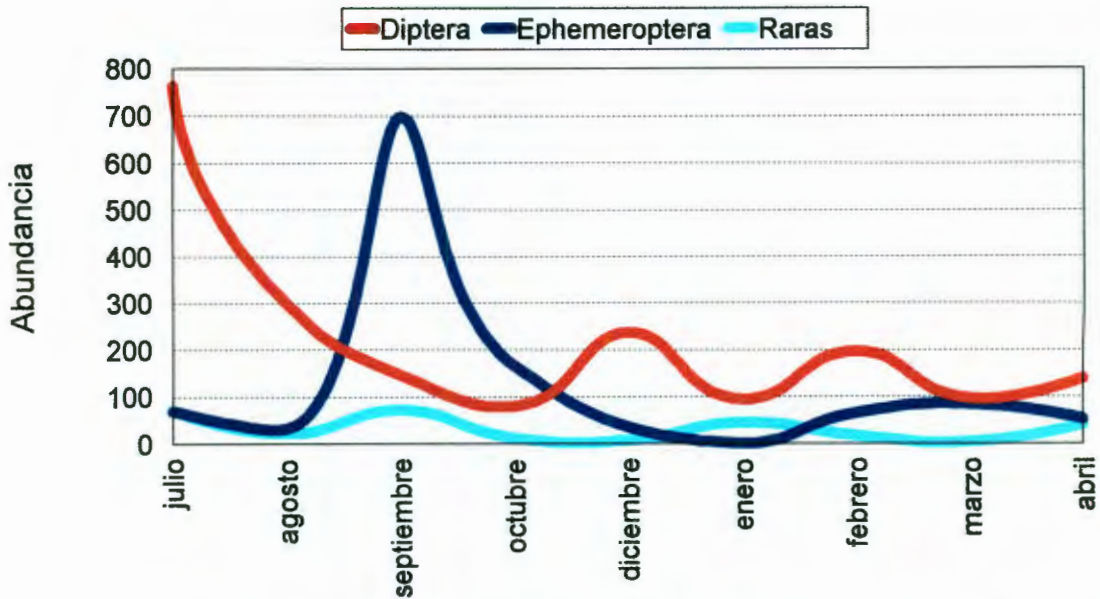


Fig. 8.2.5. Dinámica de los órdenes dominantes y raros en los manantiales del Epazote.

### Índice de diversidad de Shannon Wiener

En la figura 8.2.6, se muestra que los valores más altos se encontraron en los meses de septiembre y abril (2.25 y 2.22 respectivamente). Los cuales guarda cierta relación con las mayores abundancias sobre todo de los órdenes dominantes.

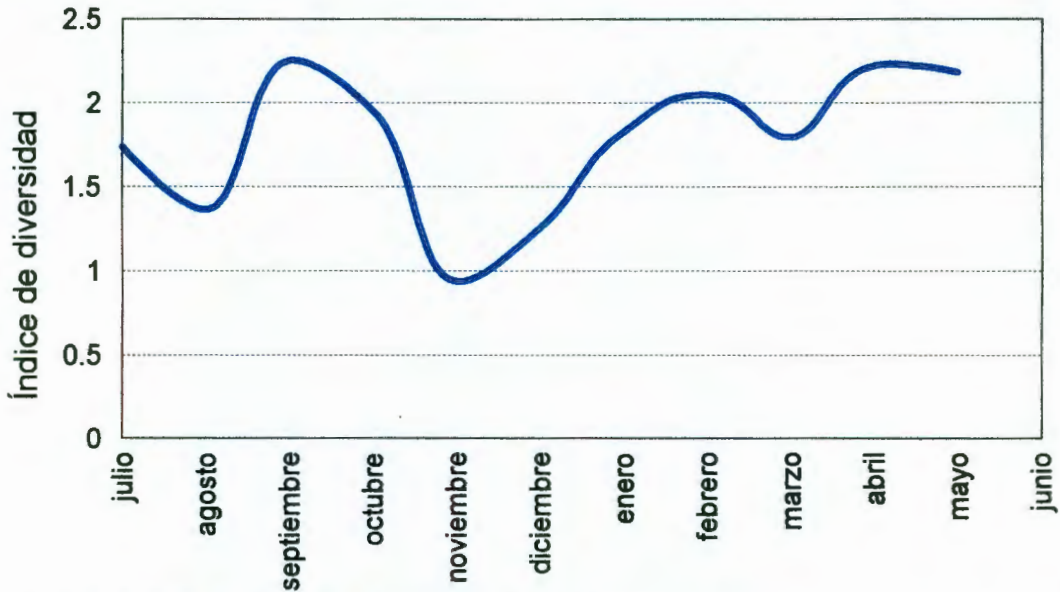


Fig. 8.2.6, Índice de diversidad de Shannon-Wiener a lo largo de un ciclo hidrológico en los manantiales del Epazote.

### Índice de Brillouin

Para los manantiales del Epazote en general desde febrero hasta mayo se registran valores altos (Tabla, 8.2.1). Los resultados obtenidos con este índice concuerdan con los obtenidos con Shannon-Wiener.

Tabla. 8.2.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el manantial del Epazote. En donde los valores altos indican mayor diversidad que valores más bajos.

Mes	Indice de Brillouin
junio	2.71
agosto	1.89
septiembre	3.75
octubre	2.30
noviembre	0.92
diciembre	1.17
enero	2.37
febrero	3.44
marzo	3.12
abril	3.25
mayo	3.35
junio	0.00*

\* El valor de cero se debe a que se perdieron las muestras

## **Discusión**

Dada la condición de manantial permanente de este sistema pero con una fuerte relentización en su flujo de agua producto de su represado, se puede considerar como un cuerpo de agua lótico en donde la estacionalidad hídrica esta fuertemente relacionada con la abundancia de los organismos, ya que los niveles de agua afectan la disponibilidad del hábitat y recursos dentro de todo el sistema (Power, 1988). En los meses de recarga hídrica se da un incremento de espacio y por tanto de microambientes, favoreciendo la diversificación y abundancia de recursos tanto alimentarios como de refugio y por supuesto en este periodo se registra mayor riqueza de órdenes e incrementan sus efectivos, siendo los órdenes dominantes los que alcanzan su abundancia máxima. El resto del ciclo la estabilidad hídrica del cuerpo de agua mantiene un balance entre los órdenes dominantes y los raros.



## 8.3 Río Tecozautla

### Localización y Descripción ecológica

El municipio Tecozautla es el segundo en tamaño del estado de Hidalgo y tienen su cabecera municipal en Santiago de Tecozautla. El río Tecozautla bordea la cabecera municipal en su parte oriente, donde se construyó un acueducto y una pequeña represa para el aprovechamiento del agua tanto en agricultura como en el uso doméstico (Fig. 8.3.1).

El río Tecozautla forma parte de una subcuenca intermedia de la cuenca del río Moctezuma que a su vez pertenece a la Región Hidrológica Administrativa Golfo Norte (IX)(INEGI, 2001).

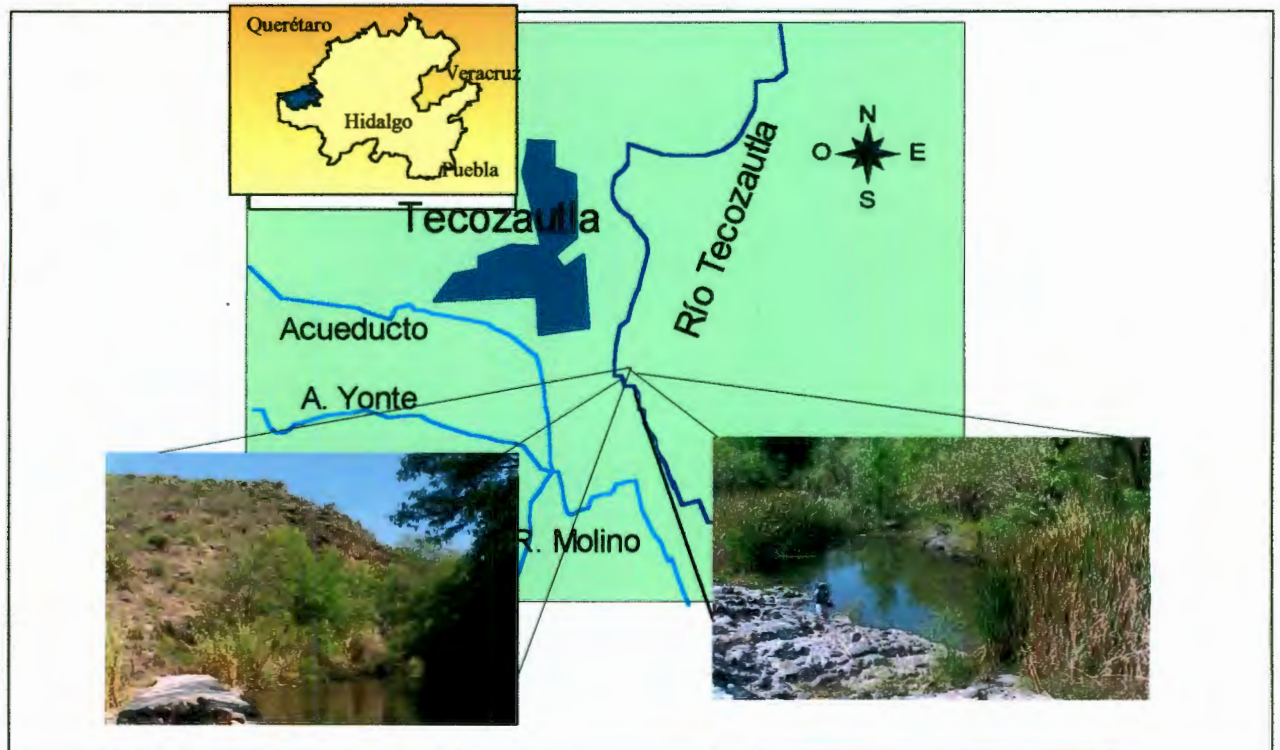


Fig. 8.3.1. Ubicación del área de estudio sobre río Tecozautla en su parte anterior y posterior a la represa.

Se encuentra en coordenadas 20° 30' 52.2" norte y 99° 37' 31.2" oeste y una altura de 1748 msnm.

La zona cuenta con un clima semiseco cálido, presentando lluvias de verano con invierno fresco, la temperatura media anual es de 19.1° C, la máxima se presenta en junio con 21.8° C y la mínima en diciembre con 14.7° C. La precipitación total anual es de 516 mm, siendo los meses de junio a octubre los de mayor precipitación. En la figura 8.3.2, se muestra el diagrama ombrotérmico para la zona de Tecozautla, obtenido de la estación climatológica de Tecozautla (García, 1986).

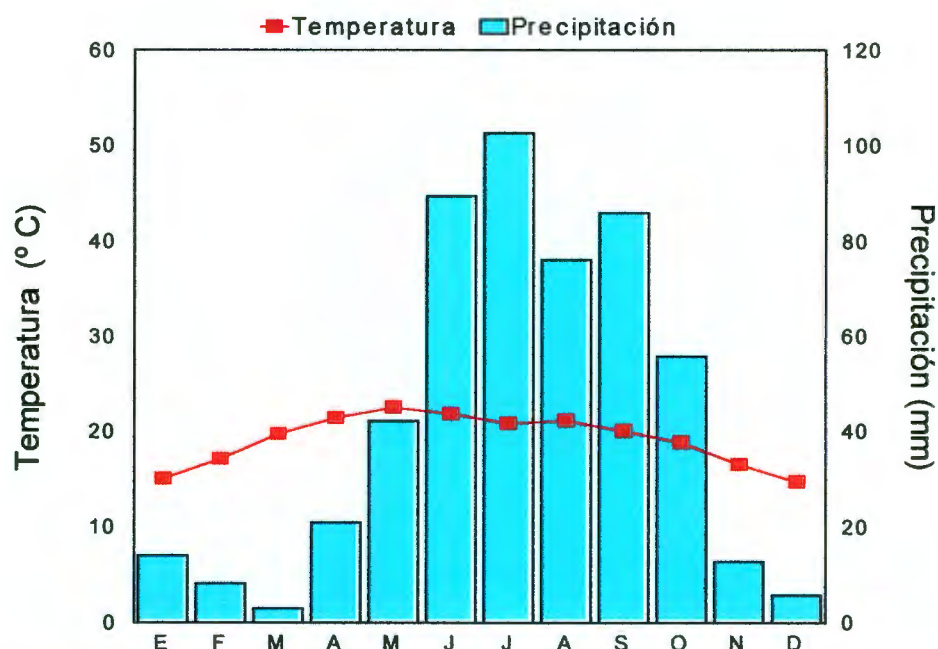


Fig. 8.3.2. Diagrama ombrotérmico del municipio Tecozautla, Hgo.

En cuanto a suelos, predominan los vertisoles pélicos asociados al Feozem háplico y litosol, limitados por una fase pedregosa, aunque su origen puede ser diverso aquí, son generados por rocas volcánicas (INEGI, 1992). En general en la zona se

encuentran extensos matorrales y abunda la vegetación riparia de galería dominada claramente *Salix sp.* y helófitos representados por *Thipha latifolia* (Fotos, 8.3.1y 8.3.2).



Foto. Vegetación de la zona: abundan los matorrales en la parte alta del cañón.



Foto. En la parte baja del cañón la vegetación se vuelve densa y abundan las huertas.

### 8.3.1 Río Tecozautla antes de la represa

#### Ecología de comunidades

##### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del año se registraron 19 órdenes en el tramo del río Tecozautla antes de la represa (Fig. 8.3.1.1), de los cuales, sólo los Diptera se comporta como orden dominante (51.8% del total). Por otro lado, se registraron tres órdenes con porcentajes muy parejos (Ephemeroptera, Gastropoda y Odonata) mientras que el resto de los ordenes se comportaron como ordenes raros, entre los que destacan los órdenes Megaloptera, Isopoda, Decapoda, Acarina y Concostracea, todos estos con menos de 1% del porcentaje total.

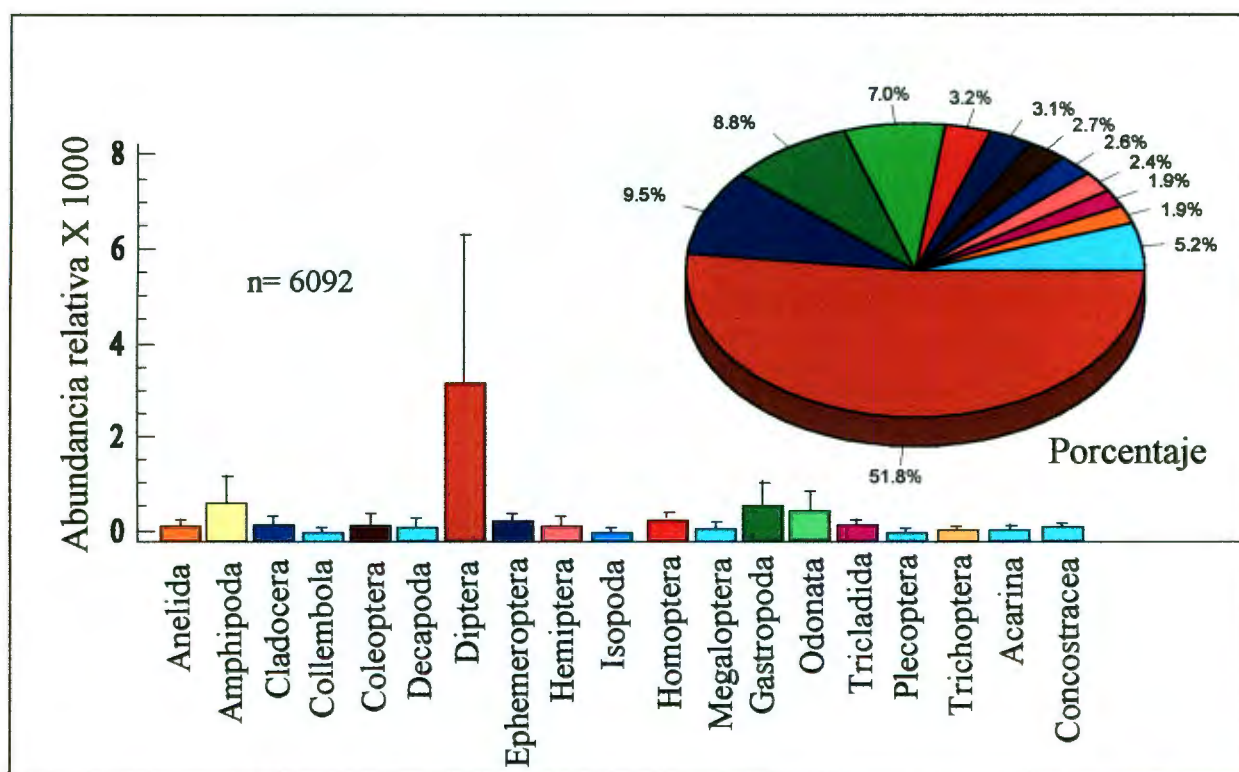


Fig. 8.3.1.1. Abundancia relativa de los órdenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozautla después de la represa. La figura de pastel muestra el porcentaje de cada orden respecto al total de individuos colectados.

El registro de órdenes por mes a lo largo de todo el ciclo se ve en la figura 8.3.1.2. Los meses de junio a septiembre son los que registran mayor cantidad de órdenes, alcanzando su máximo en julio con 18 órdenes; mientras que los meses de diciembre a mayo son los de menor abundancia de órdenes pero con menor fluctuación.

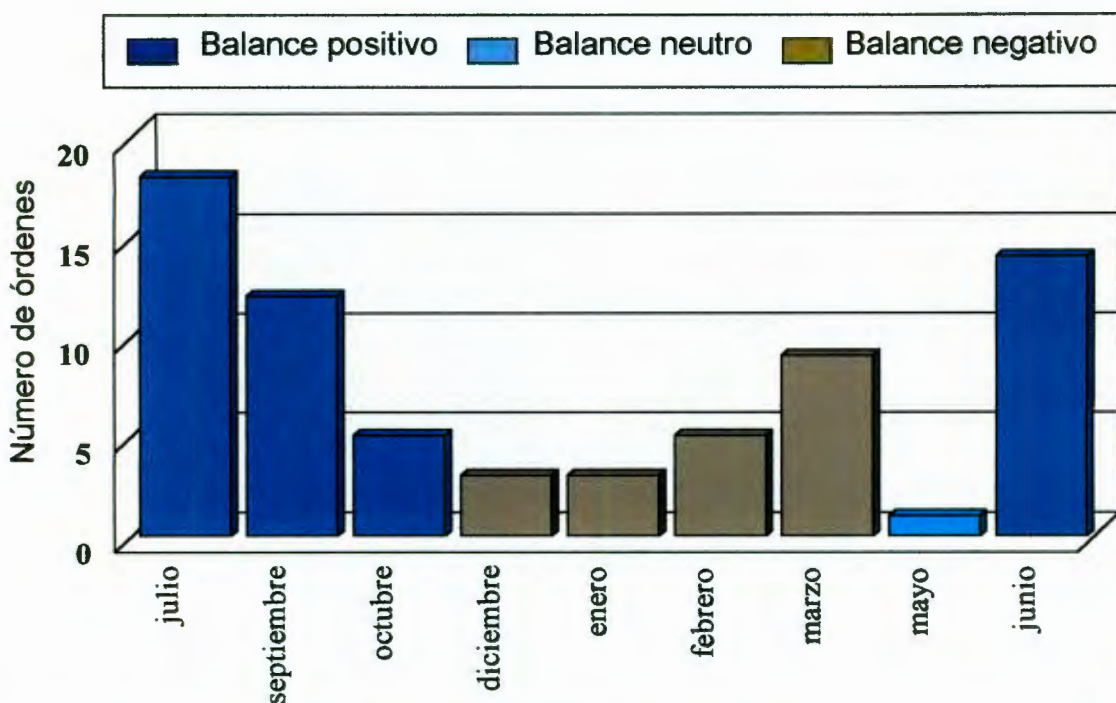


Fig. 8.3.1.2. Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozautla antes de la represa. El balance neutro corresponde a una relación equitativa con a la evapotranspiración, mientras que el balance positivo y negativo hacen referencia a la época de lluvias y secas respectivamente.

En cuanto a la dinámica que presentan los órdenes a lo largo del ciclo hidrológico (Fig. 8.3.1.3) se encontró que el orden dominante y los raros se comportan de manera muy similar teniendo un picos máximo de abundancia durante el mes de Marzo y agosto. Además durante el mes de junio aumentan los órdenes constantes pero

disminuyen notablemente los órdenes raros. Por el contrario, durante los meses de septiembre a diciembre todos los órdenes decrecieron. Es importante señalar que en este periodo pueda llegar a desaparecer los individuos del orden dominante y sólo permanecer los órdenes raros.

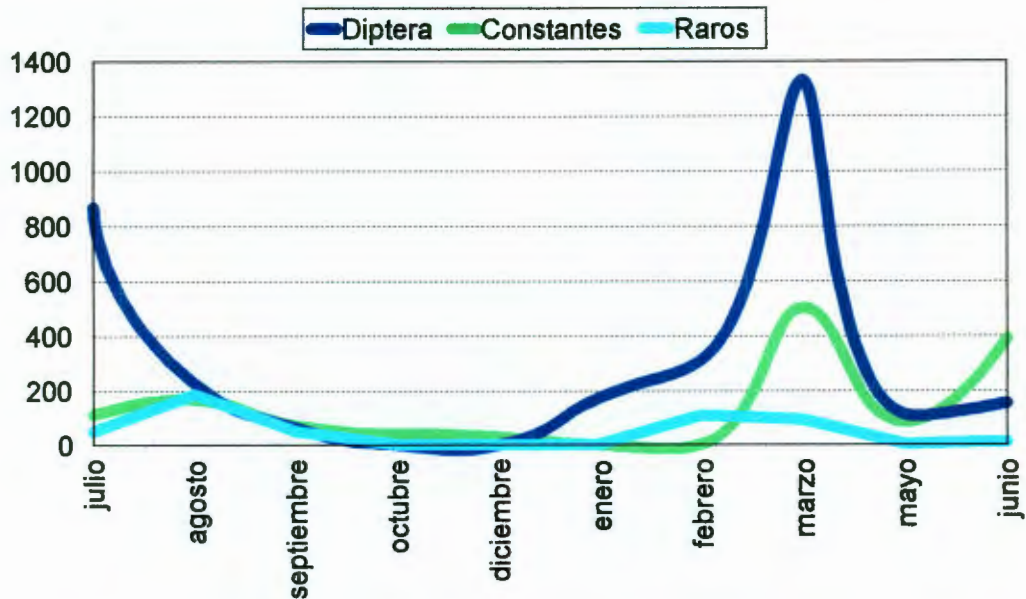


Fig. 8.3.1.3. Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el río Tecozaulta antes de la represa. En donde los grupos que aparecen como constantes son aquellos que tienen porcentajes muy parejos en sus abundancia a lo largo del ciclo.

### Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

Los resultados indican que los meses con mayor diversidad en el río Tecozaulta antes de la represa son agosto y marzo los dos con un valor de diversidad de 2.71. También es muy notorio una baja en los meses de noviembre a enero para después volver a incrementar lentamente. En general, podemos decir que el sistema presenta fluctuaciones marcadas a lo largo del ciclo hidrológico (Fig. 8.3.1.4).

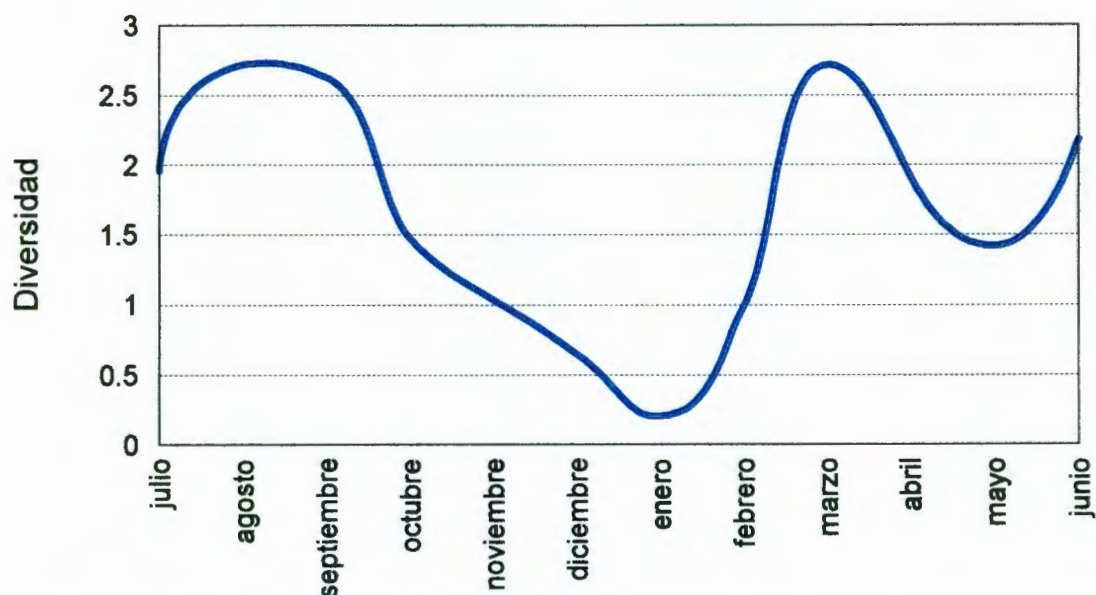


Fig. 8.3.1.4. Resultados del índice de diversidad Shannon-Wiener a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozaulta antes de la represa.

### Índice de Brillouin

Según el índice de Brillouin el más diverso en este sitio fue febrero. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con los resultados obtenidos con el índice de Shannon Wiener (Tabla 8.3.1.1). Probablemente es porque este índice no se ve afectado por el muestreo como el de Shannon-Wiener.

Tabla. 8.3.1.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el río Tecozautla antes de la represa. En donde un valor alto indica mayor diversidad que un valor bajo.

Mes	Índice de Brillouin
junio	2.95
agosto	1.20
septiembre	3.27
octubre	2.25
noviembre	0.00*
diciembre	2.57
enero	1.95
febrero	5.01
marzo	2.82
abril	2.36
mayo	2.29
junio	4.32

\*El valor de cero se debe a que se perdieron las muestras del mes



### 8.3.2 Río Tecozautla después de la represa

#### Ecología de comunidades

##### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del ciclo hidrológico se registraron 16 órdenes en el tramo del río Tecozautla que se ubica después de la represa (Fig. 8.3.2.1), de los cuales, dos se comportan como órdenes dominantes, Amphipoda y Diptera (35.2% y 25.0% del total de individuos colectados, respectivamente). Por otro lado, se registraron tres órdenes con porcentajes similares (Ephemeroptera, Tricladida y Gastropoda) y el resto de los órdenes comportándose como órdenes raros, entre los que destacan Collembola, Homoptera, Isopoda, Decapoda y Concostracea todos con menos de 1% del porcentaje total.

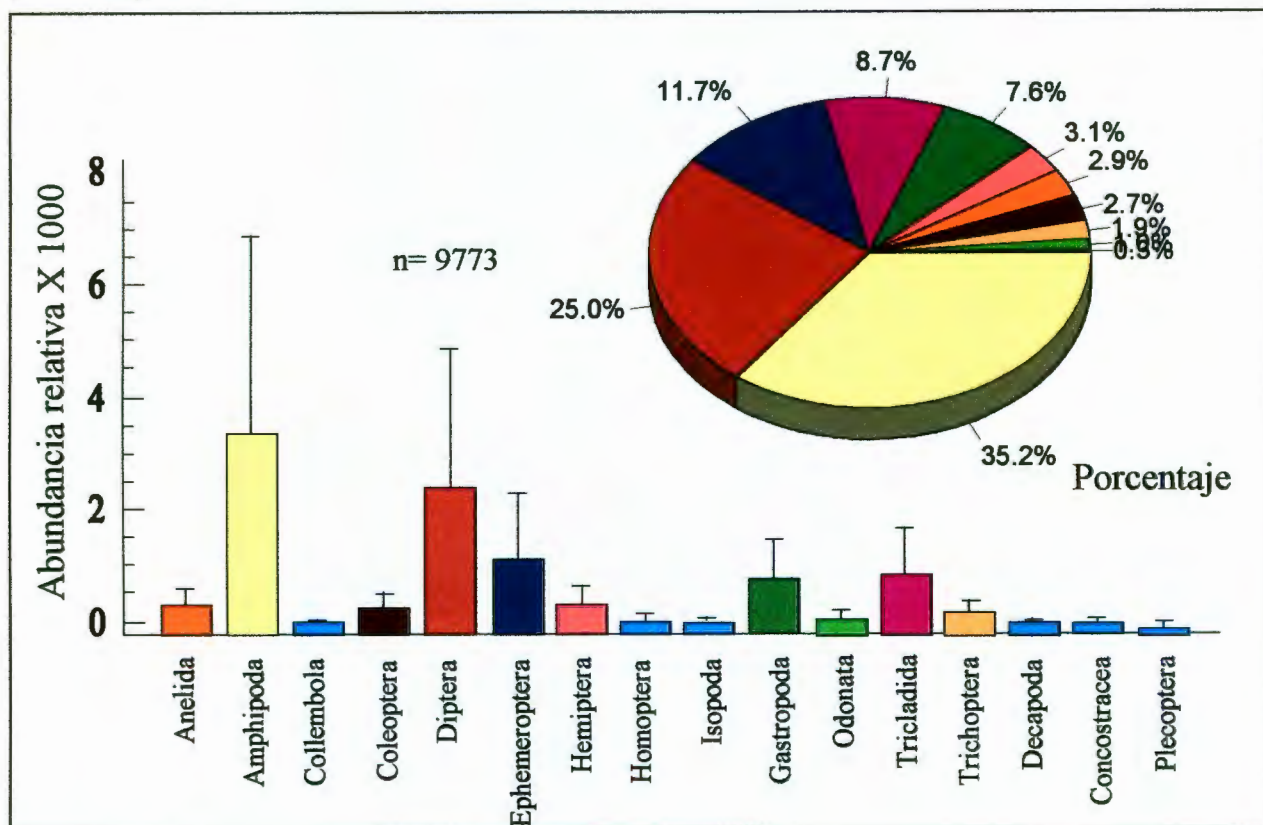


Fig. 8.3.2.1. Abundancia relativa de los órdenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozautla después de la represa. La figura de pastel muestra el porcentaje de cada orden respecto al total de individuos colectados.

En cuanto al registro de órdenes por mes a lo largo de todo el ciclo hidrológico en la figura 8.3.2.2, se aprecia que el mes con mayor cantidad de órdenes fue julio. Por otro lado los meses con mayor estabilidad en número de órdenes van de diciembre a junio, presentando un pequeño incremento en febrero.

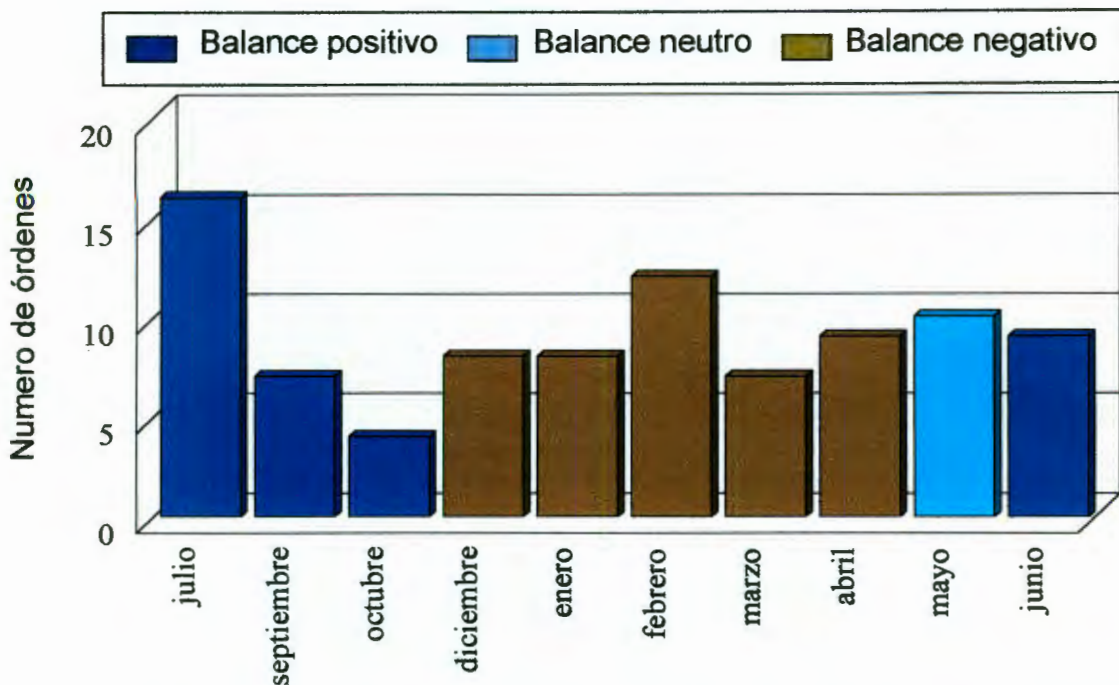


Fig. 8.3.2.2 Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozaulta después de la represa. El balance neutro corresponde a un equilibrio en la evapotranspiración, mientras que el balance positivo y negativo hacen referencia a la época de lluvias y secas respectivamente.

La dinámica de la estructura de los órdenes a lo largo del ciclo hidrológico (Fig. 8.3.2.3), muestra que cuando los órdenes dominantes aumentan su abundancia poblacional se presenta un decremento en los efectivos de los órdenes raros y viceversa, cuando los órdenes raros incrementan su abundancia, esta disminuye en los órdenes dominantes pero sin llegar a desaparecer.

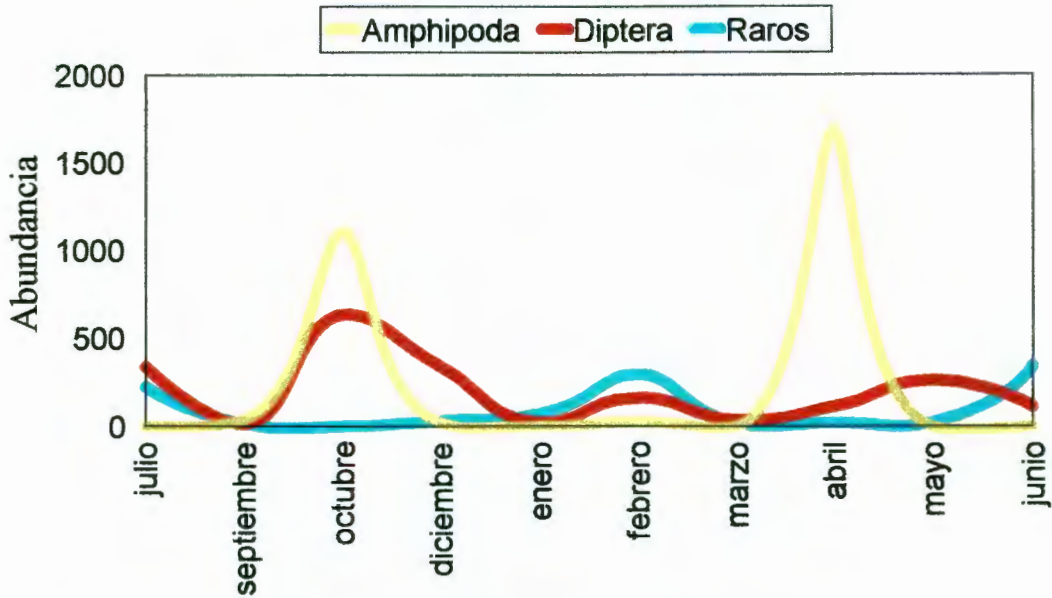


Fig. 8.3.2.3. Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el río Tecozautla después de la represa.

### Índice de Diversidad de Shanon-Winner

Los resultados indican que los meses con mayor diversidad en el río Tecozautla después de la represa son junio y febrero (2.62 y 2.60 respectivamente). Lo cual corresponde con la dinámica de la comunidad, pues cuando los órdenes raros alcanzan su máximos a lo largo del ciclo hidrológico y por el contrario cuando se disparan los dos órdenes dominantes el valor de diversidad baja, pues los órdenes raros casi desaparecen. (Fig. 8.3.2.4).

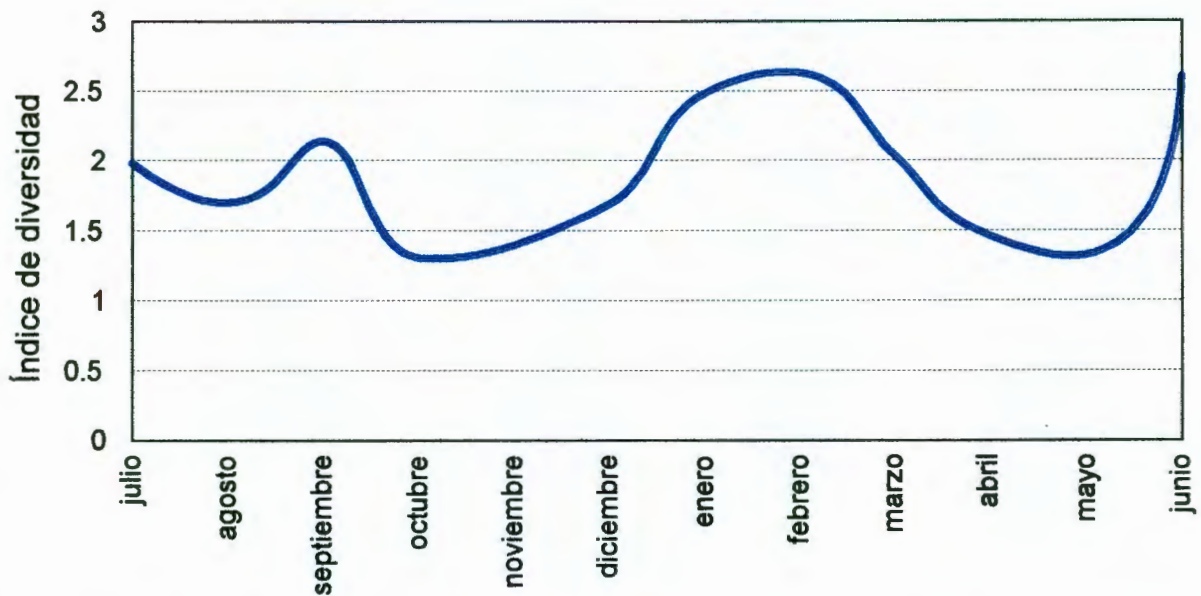


Fig. 8.3.2.4. Resultados del índice de diversidad Shannon-Wiener a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Tecozautla después de la represa.

### Índice de Brillouin

En el caso del río Tecozautla después de la represa el mes de mayor diversidad fue durante agosto, mayo y octubre. Lo cual no corresponde con los resultados de S-W.

Tabla. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el río Tecozautla después de la represa. Donde los valores más altos indican mayor diversidad que los valores bajos.

Mes	Índice de Brillouin
junio	3.23
agosto	4.86
septiembre	2.78
octubre	4.62
noviembre	0.00
diciembre	2.31
enero	0.39
febrero	1.64
marzo	2.43
abril	0.00
mayo	4.29
junio	3.89

\*El valor de cero se debe a que se perdieron las muestras del mes

## **Discusión**

El río Tecozautla presenta dos tipos de ecosistemas con funcionamiento ecológico claramente distinto: el tramo antes de la presa se comporta como una laguna permanente con marcada estacionalidad; mientras que el tramo localizado después de la presa se muestra como un río regulado con hidroperiodo intermitente. El tramo antes de la presa presenta menos diversidad macrobéntica y más homogeneidad en la estructura general de la comunidad durante un ciclo hidrológico, respecto al tramo posterior a la presa. Consecuencia de este cambio en la dinámica de la comunidad es que los grupos de macroinvertebrados dominantes disparan sus efectivos numéricos desproporcionadamente haciendo que los efectivos de los grupos poco comunes se vean reducidos casi a su desaparición total (Fig. 8.3.1.3.). Otra consecuencia interesante que presenta el tramo del río mantenido como laguna, es la composición de la fauna macrobéntica, ya que está dominada por grupos generalistas poco selectivos (Diptera); mientras que el tramo del río debajo de la presa presenta grupos dominantes con efectivos menos abundantes.

## 8.4 Arroyo Boyecito

### Localización y Descripción ecológica

Cercano al Municipio de Tecozautla se encuentra este un pequeño manantial que alimenta un arroyo que abastece directamente al río San Juan, la gente lo conoce como **Boyecito**. Se encuentra en las siguientes coordenadas: 20° 35' 18.3" norte y 99° 40' 46.8" oeste.

Este arroyo nace en el fondo del cañón del río San Juan. Marcando los límites políticos entre el estado de Querétaro e Hidalgo, en los municipios Cadereyta y Tecozautla respectivamente.

En la zona baja del cañón se cultiva numerosos árboles frutales entre los que destaca *Manguifera spp.* y la *Psidium guayava*, mientras que en la parte alta predomina el matorral rosetófilo (Foto. 8.4.1)



Foto. 8.4.1 Vista general del cañón del Río San Juan y se pueden contrastar las diferentes tipos de vegetación

El arroyo ofrece gran variedad de microambientes debido a que abunda la vegetación acuática libre flotadora y enraizada como el lirio (*Eichornia crassipes*) y elodea (*Egeria densa*) ambas especies exóticas, además de contar con diferentes

sustratos que van desde rocas mayores a los 10 cm hasta limos (Fotos. 8.4.2 y 8.4.3). Existe una poza externa al manantial de 1-2 m de profundidad con abundante crecimiento algal y numerosos pastos en la orilla que propician el percheo de odonatos por lo que en esta zona es fácil encontrar grandes cantidades de sus náyades.



Foto.8.4.2. Manantial del Boyecito



Foto. 8.4.3. Arroyo Boyecito

Este manantial es usado por los habitantes de la comunidad El Boyecito para bañarse y lavar ropa pero aún así es lugar se mantiene en buenas condiciones.

La zona cuenta con un clima semiseco cálido, presentando lluvias de verano con invierno fresco, la temperatura media anual es de 19.1° C, la máxima se presenta en junio con 21.8° C y la mínima en diciembre con 14.7° C. La precipitación total anual es de 516 mm, siendo los meses de junio a octubre los de mayor precipitación. En la figura 8.4.1 se muestra el diagrama ombrotérmico para la zona de Tecozautla, obtenido de la estación climatológica de Tecozautla (García, 1986).

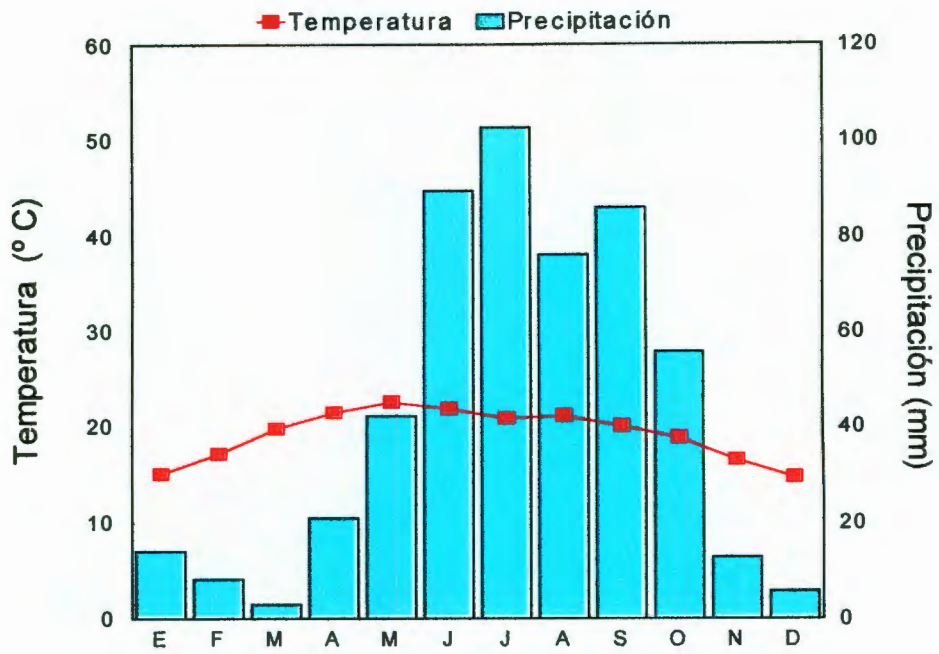


Fig. 8.4.1 Diagrama ombrotérmico de la zona del arroyo Boyecito



## Ecología de comunidades del arroyo Boyecito

### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del ciclo hidrológico se registraron 18 ordenes en los manantiales del Epazote, de los cuales, dos se comportan como ordenes dominantes, Diptera y Ephemeroptera, con un 47.0 % y 17.7% respectivamente (Fig. 8.4.2). Por otro lado, se registran gran cantidad de ordenes con porcentajes muy bajos, entre los que destacan los ordenes Amphipoda, Cladocera, Collembola, Hirudinea, Isopoda, Trichoptera, Copepoda, Plecoptera y Concostracea todos con menos de 1% del porcentaje total.

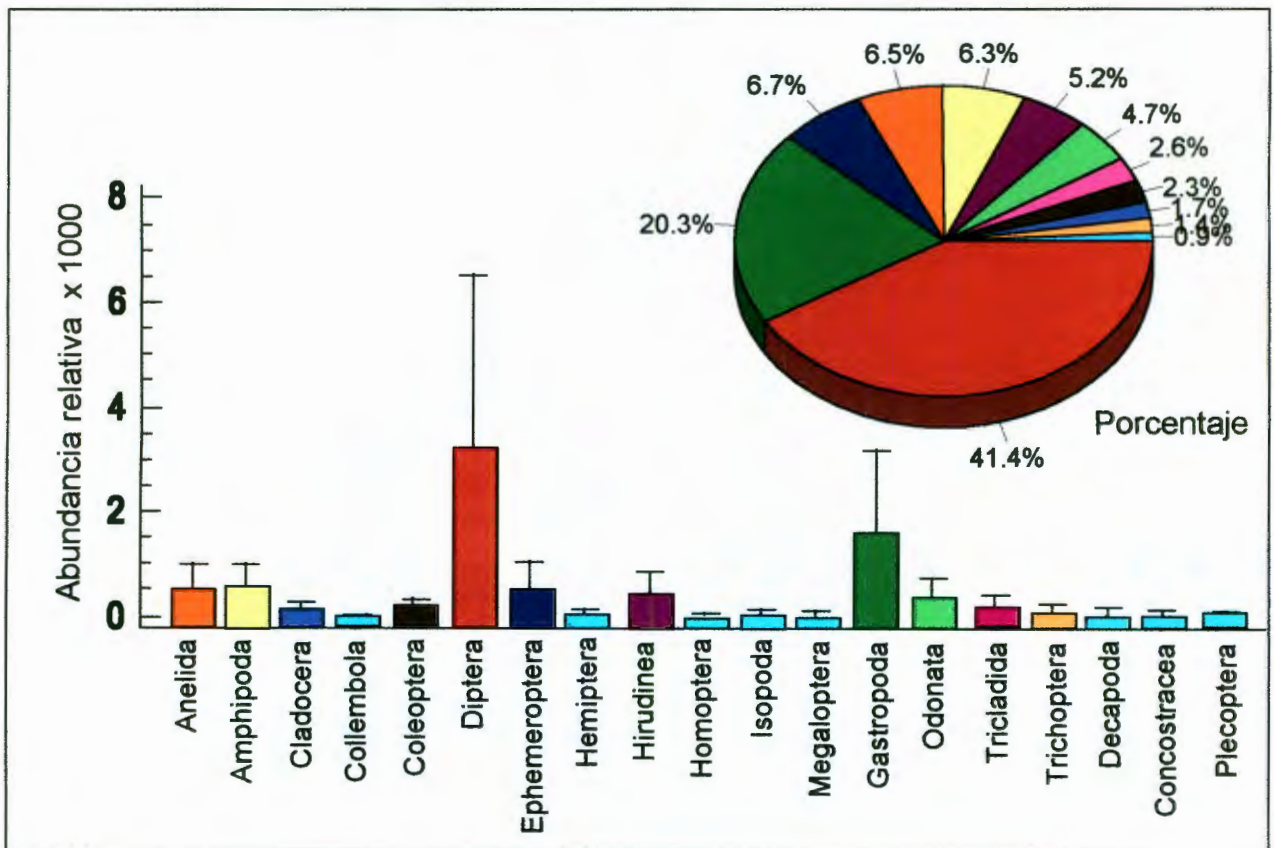


Fig. 8.4.2. Abundancia relativa de los ordenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en el arroyo Boyecito. En la figura de pastel se muestra e porcentaje de abundancia para cada uno de los órdenes con respecto al total de individuos colectados.

En cuanto al registro de ordenes por mes a lo largo de todo el ciclo hidrológico encontramos que los meses con mayor cantidad de ordenes son julio y febrero. El resto de los meses presentan grandes fluctuaciones (Fig. 8.4.3).

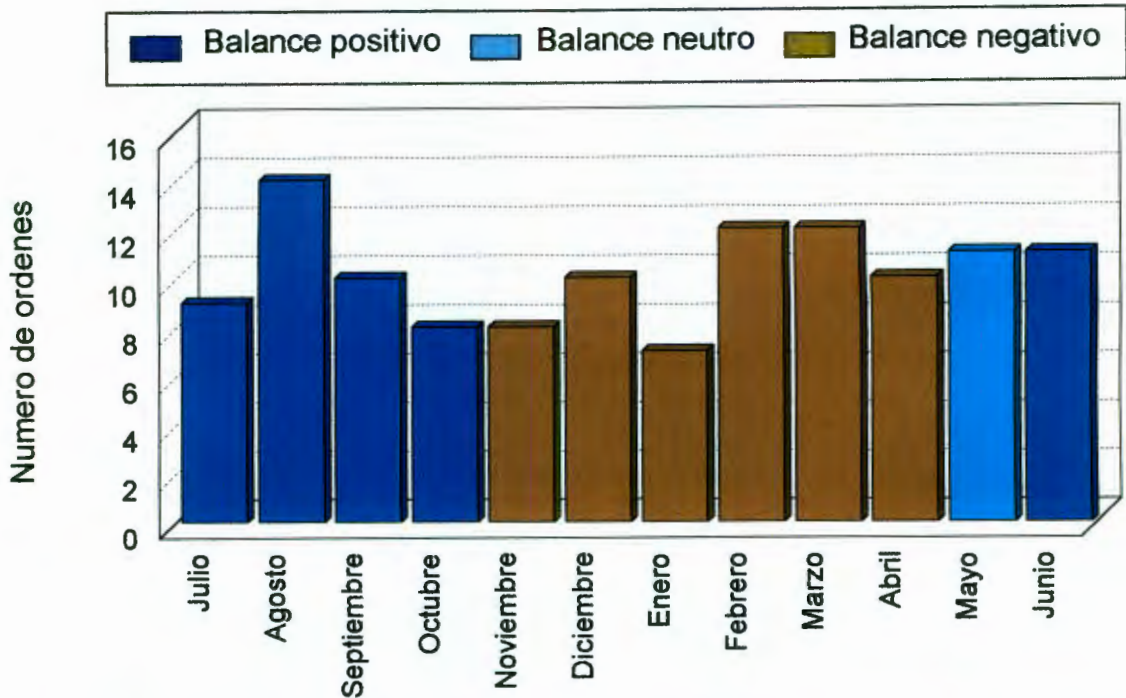


Fig. 8.4.3. Abundancia de ordenes a lo largo de un ciclo hidrológico en el arroyo Boyecito. El balance neutro corresponde a una relación equitativa en la evapotranspiración, el balance positivo corresponde a un aumento de precipitación y el balance negativo corresponde un aumento en la evaporación.

En la figura 8.4.4, se presenta la dinámica de los principales órdenes en el Boyecito. Al comparar la dinámica de los órdenes dominantes con las especies raras observamos como guardan una relación inversa, así entonces los Diptera presentan un gran incremento en el mes de julio, mientras tanto los Gastropoda y los órdenes raros se mantienen con abundancias bajas. Pero durante agosto, cuando empiezan a declinar los Diptera, incrementan su abundancia los ordenes raros, aunque no en la misma escala. Al mes siguiente, cuando los órdenes raros empiezan a decrecer, los

Gastropoda alcanzan su punto máximo, mientras que los dípteros permanecen con niveles bajos. Finalmente, con la caída de los Gastropoda y los órdenes raros los dípteros vuelven a retomar la mayor abundancia en el sistema.

El resto del año se presenta el mismo patrón en la dinámica pero menos marcado, pero continúan los Diptera con las abundancia mayores, seguidos de los Gastropoda y finalmente con las abundancia bajas pero permanentes los ordenes raros, Megaloptera, Trichoptera y Concostracea por mencionar algunos.

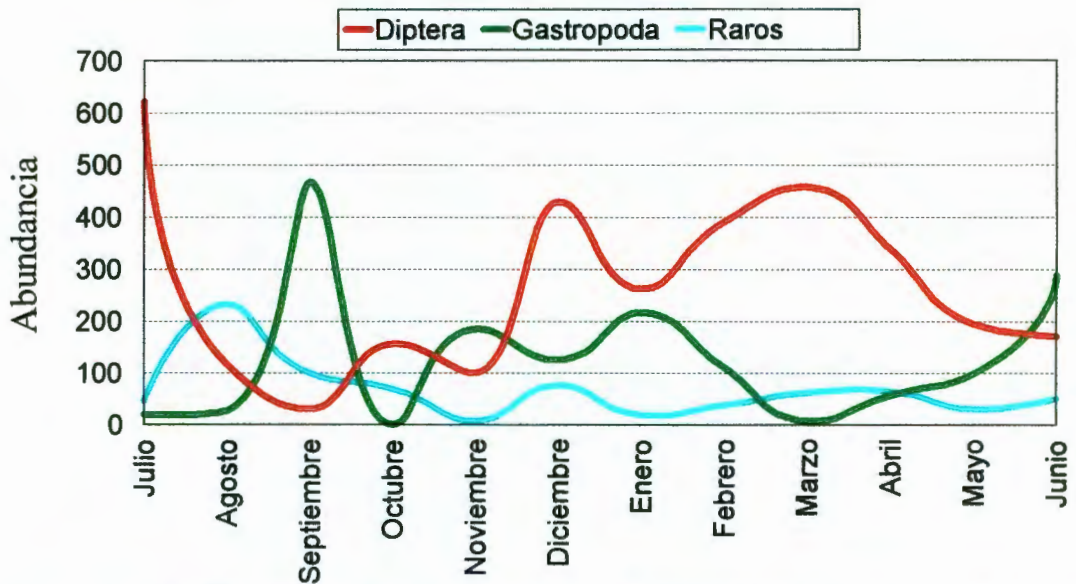


Fig. 8.4.4. Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el arroyo Boyecito.

### Índice de diversidad de Shannon-Wiener

En la figura 8.4.5, se muestra que el valor más alto de diversidad corresponde al mes de agosto (3.3) y el resto del año casi no registra fluctuaciones, se mantiene entre 1.5 y 2. El valor de máxima diversidad corresponde con el incremento en la abundancia de los órdenes raros. Por otro lado los valores más bajos de diversidad se registran en marzo y julio (1.4 y 1.25 respectivamente), lo que corresponde con un incremento en la abundancia del orden dominante y una baja de los otros órdenes.

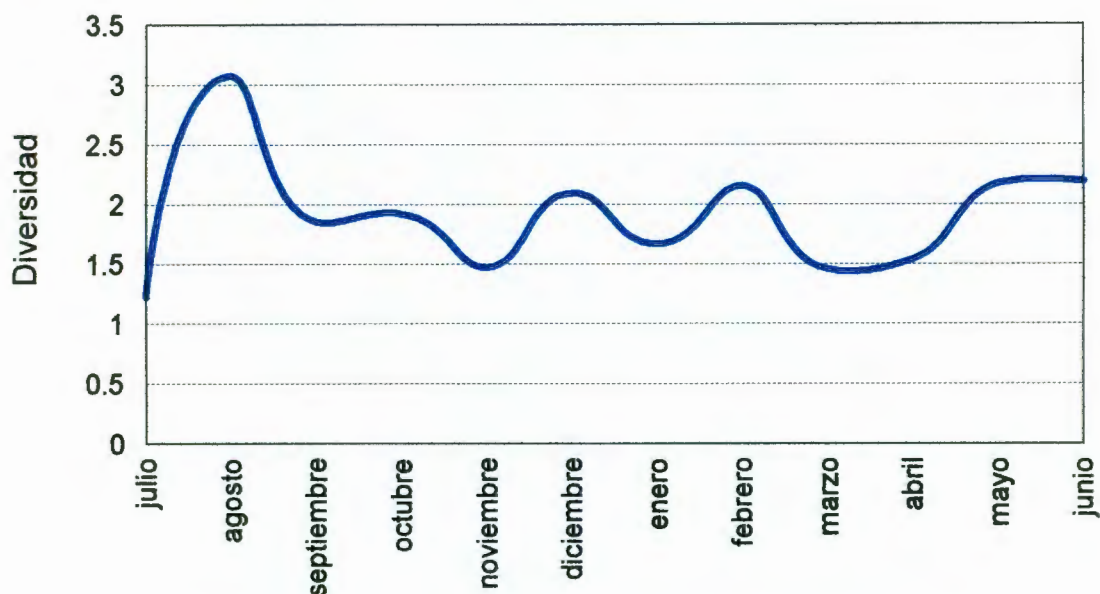


Fig. 8.4.5. Resultados del índice se Shannon-Wiener para el arroyo Boyecito a lo largo de un ciclo hidrológico.

### Índice de diversidad Brillouin

Al calcular el índice de diversidad de Brillouin se encontró que para el arroyo Boyecito el mes de agosto fue el de mayor diversidad, lo cual corresponde con los resultados de Shannon - Wiener (Tabla, 8.4.1).

Tabla. 8.4.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el arroyo Boyecito. En donde los valores más altos indican mayor diversidad que los valores bajos.

Mes	Índice de Brillouin
junio	1.76
agosto	5.28
septiembre	2.61
octubre	2.91
noviembre	2.11
diciembre	3.52
enero	2.67
febrero	3.29
marzo	1.92
abril	1.82
mayo	3.86
junio	4.10

## **Discusión**

Los sistemas lóticos están caracterizados por un gradiente de ambientes (Ward y Stanford, 1983; Ward y Stanford, 1984), este continuo permite la movilización de los grupos a lo largo del sistema y colonizar nuevos ambientes. Así entonces, aunque este sistema este influenciado por la estacionalidad la abundancia de los grupos no presenta fluctuaciones muy dramáticas. En general el sistema se comporta bastante estable a lo largo del ciclo hidrológico, pero durante los meses de sequía los Diptera, como grupo generalista que es, presenta un incremento en su abundancia. Sin embargo los grupos raros se mantienen con buenas abundancias todo el año, presentando un pequeño incremento durante los meses de mayor precipitación dada la disponibilidad de recursos y microambientes.

## 8.5 Moctezuma y un pequeño afluente, Arroyo Tolimán

### Localización y Descripción ecológica

El río Moctezuma pertenece a la cuenca del río Panuco y está integrada por la unión de las cuencas de los ríos San Juan y Tula. La construcción de Zimapán convirtió en presa la parte alta del río Moctezuma, y por la irregular suelta de agua de las turbinas de la planta generadora de energía eléctrica, el río Moctezuma se ha convertido en un río regulado dependiendo más por el manejo de humano que por las condiciones hídricas naturales (Fig. 8.5.1).

Se ubican en la Sierra Madre Oriental dentro de la subprovincia del Carso Huasteco, dominando un clima templado semicálido subhúmedo y semiseco semicálido (INEGI, 1986).

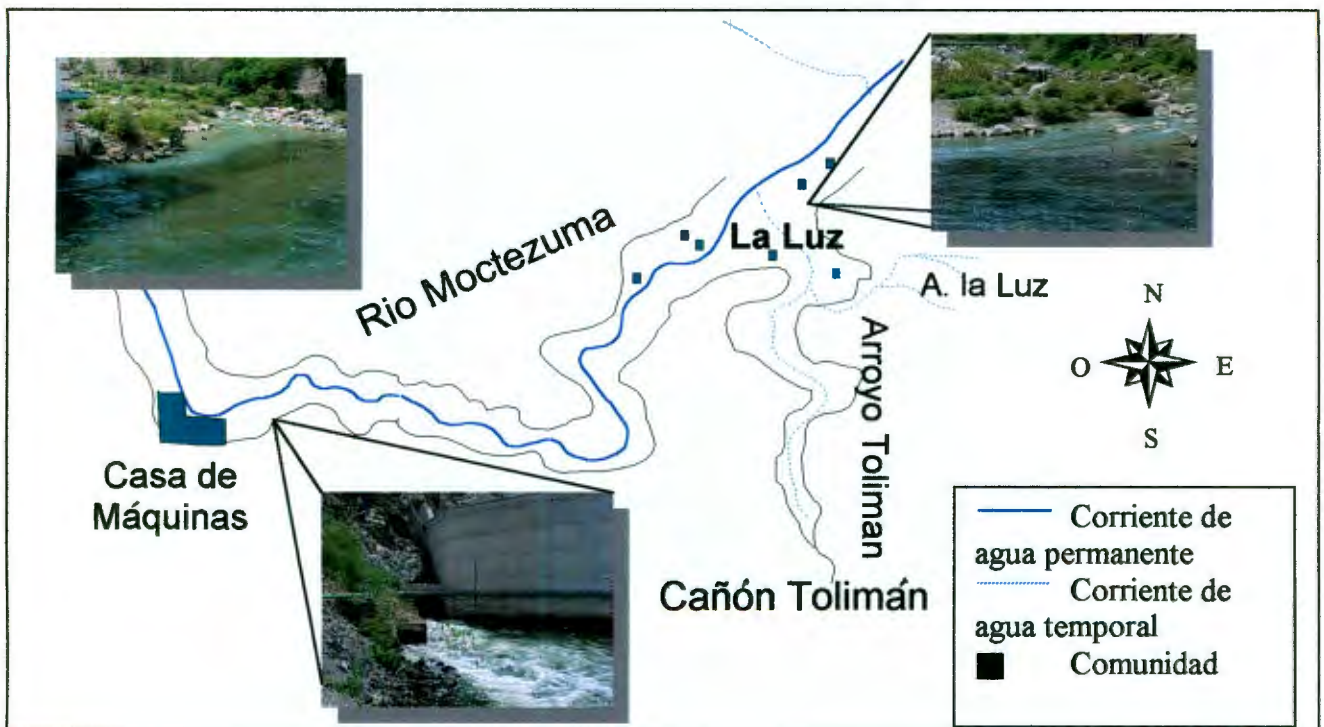


Fig. 8.5.1 Ubicación del área de estudio sobre río Moctezuma y su afluente, el arroyo Tolimán.

La temperatura media anual de la zona es de 24.4° C, la máxima se presenta en abril con 25.3° C y la mínima en diciembre con 11.5° C. La precipitación total al año es 503.2 mm, con máxima concentración en septiembre con 142.8 mm y la mínima en febrero con 4.3 mm. En la figura 8.5.2, se muestra el diagrama ombrotérmico de la zona del Moctezuma con los datos obtenidos de la estación climatológica de Zimapán (García, 1986).

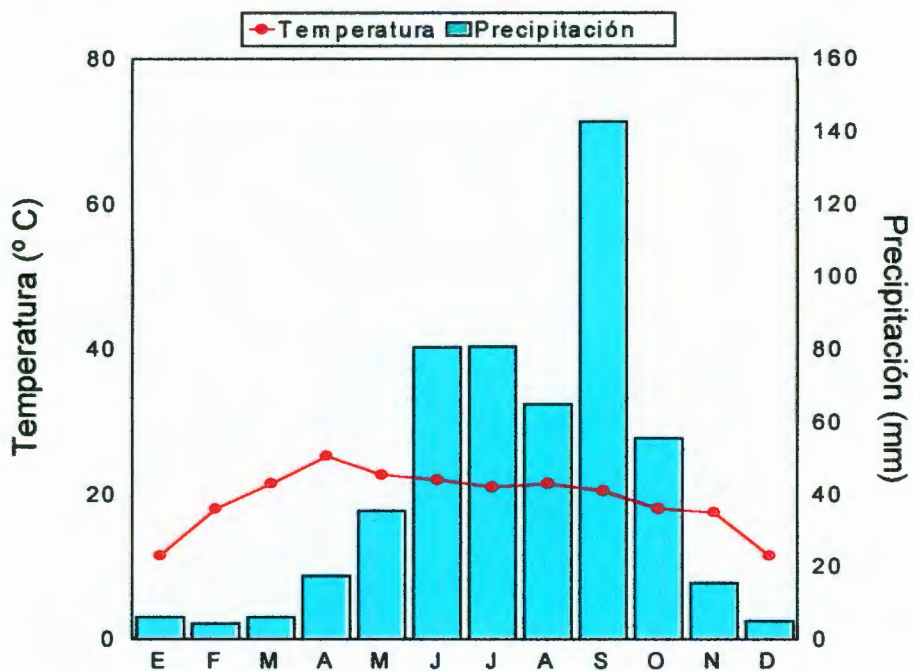


Fig. 8.5.2. Diagrama ombrotérmico de la zona baja del Moctezuma.

En la región, predomina notablemente la selva baja con algunos manchones de matorral espinoso. En cuanto a sustrato, en la zona de muestreo predominan los limos y las gravas o piedras de 5-10cm. Toda la zona riparia presenta un gran diversidad de microambientes (Fotos. 8.5.1 a, b y c).





Foto 8.5.1. Diferentes microambientes que ofrece el río Moctezuma: a) pequeña represa formada antes de casa de maquinas, b) pequeño brazo con abundante vegetación sumergida y limos como sustratos y c) panorama general del río Moctezuma.

A pocos metros de la casa de maquinas del P. H. Zimapán, el río Moctezuma recibe la descarga de un pequeño arroyo temporal formado por numerosos manantiales que se encuentran a lo largo del cañón Tolimán (Fig. 8.5.1).

El cañón Tolimán se forma en el territorio de Hidalgo, a la altura del municipio de Zimapán en donde se encuentran varias minas que son explotadas por los lugareños, para finalmente unirse al cañón del río Moctezuma a la altura de una pequeña comunidad del estado de Querétaro llamada la Luz (Foto. 8.5.2 a y 8.53).

El arroyo Tolimán no tiene más de 15 cm de profundidad y sólo se le encuentra durante los meses de lluvia y poco a poco desaparece durante los meses de sequía además de disminuir notablemente la lluvia y aumentar la temperatura (Foto. 8.5.2 b).

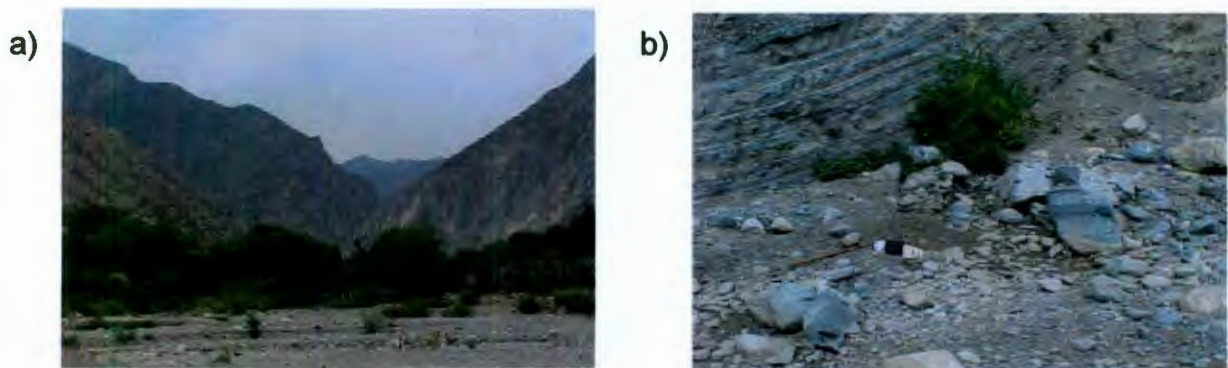


Foto. 8.5.2 a) Vista general del Cañón Tolimán y b) Arroyo Tolimán seco en uno de los puntos muestreados.

Este sistema ofrece diferentes microambientes, que van desde pequeñas pozas en donde abundan las algas hasta zonas en donde el agua es muy somera y parecería no haber rastros de vida alguna; sin embargo, debajo del terreno rocoso que predomina en el sistema, se encuentran gran cantidad de larvas de macroinvertebrados (Fotos. 8.5.3 a y b).



Foto. 8.5.3. Vista general del arroyo Toliman: a) manantial y b) en su unión con el río Moctezuma.

## Ecológica de comunidades del río Moctezuma

### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del año se registraron 17 órdenes en el río Moctezuma de los cuales, dos de ellos se comportan como especies dominantes, Gastropoda y Diptera (40.6% y 28% respectivamente) (Fig. 8.5.3). Por otro lado se registraron ocho órdenes como los menos abundantes o raros: Cladocera, Collembola, Hirudinea Homoptera, Isopoda, Trichoptera, Concostracea y Plecoptera todos con menos de 1% del porcentaje total.

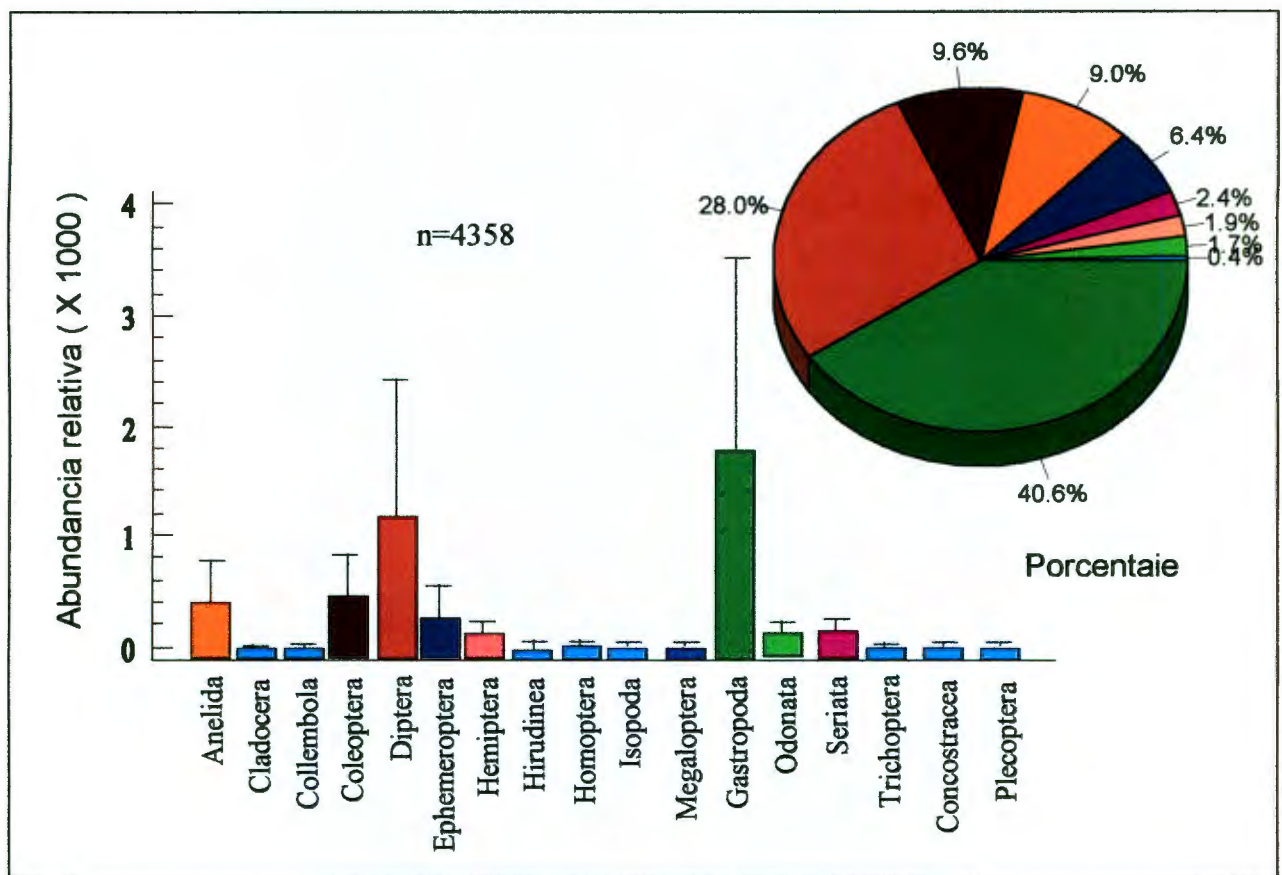


Fig. 8.5.3. Abundancia relativa de los órdenes registrados a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Moctezuma. La figura de pastel muestra los porcentajes de cada orden con respecto al total de individuos colectados.

En la figura 8.5.4 se ve el registro de órdenes por mes a lo largo de todo el ciclo hidrológico, donde el mes con mayor cantidad de órdenes es agosto. Por otro lado los meses con mayor estabilidad en número de órdenes van de noviembre a junio.

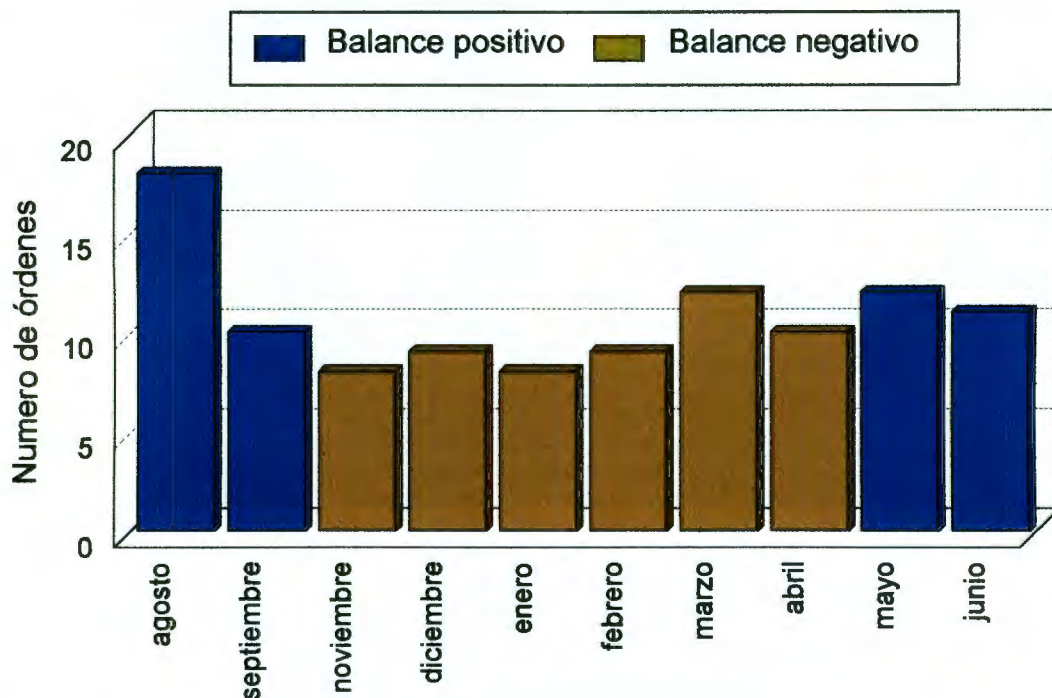


Fig. 8.5.4. Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en del río Moctezuma. El balance positivo marca la época de lluvia y el balance negativo marca el incremento de temperatura y los niveles bajos de precipitación.

La figura 8.5.5, muestra la dinámica de los órdenes a lo largo del ciclo, donde se observan grandes fluctuaciones a lo largo del año y dado que Gastropoda y Diptera compiten por ser el orden mas abundante presentan una dinámica inversa, es decir cuando los Diptera incrementan, los Gastropoda decremantan y viceversa. Mientras que los órdenes raros también presentan una dinámica inversa con respecto a los Diptera, presentan las mismas fluctuaciones que los Gastropoda, ambos incrementan o decremantan su abundancia pero a diferente escala.

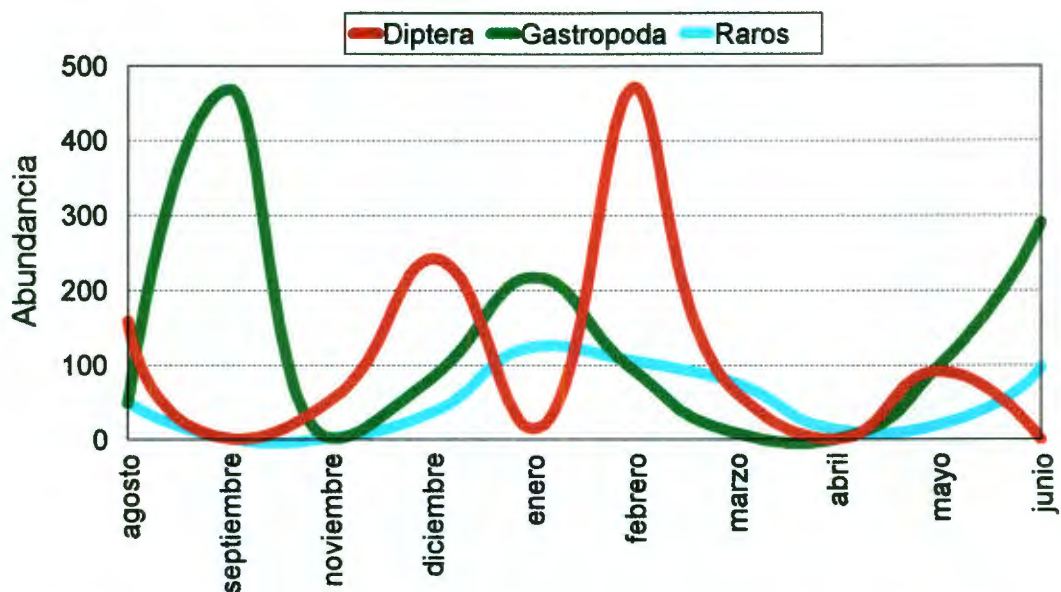


Fig. 8.5.5. Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el río Moctezuma.

### Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

Los resultados indican que los meses con mayor diversidad en el río Moctezuma son febrero y marzo (2.01 y 2.05 respectivamente). Pero en general, podemos decir que el sistema se comporta con fluctuaciones marcadas a lo largo del ciclo hidrológico (Fig. 8.5.6 )

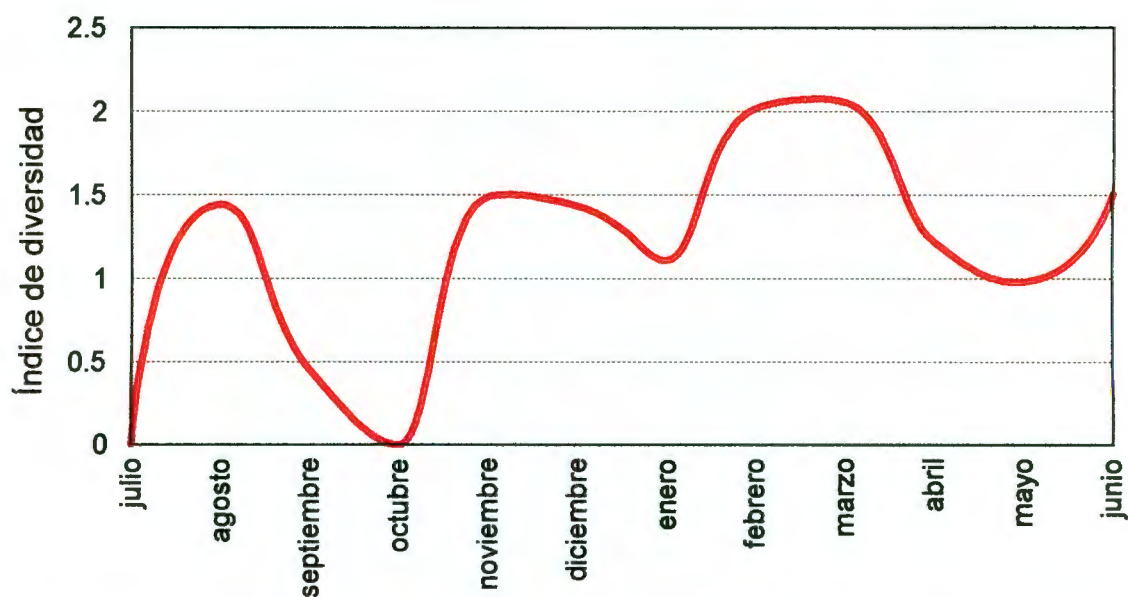


Fig. 8.5.6. Resultados del índice de diversidad Shannon-Wiener a lo largo de un ciclo hidrológico en el río Moctezuma.

### Índice de Brillouin

El índice de Brillouin indica que durante el mes de febrero la diversidad aumenta, mientras que el resto del ciclo hidrológico se mantienen fluctuantes (Tabla. 8.5.1). Estos resultados guardan relación directa con los arrojados por el índice de Shannon Wiener.

## **Discusión**

Los factores ambientales ejercen una influencia decisiva en la distribución y abundancia espacio-temporal de los grupos que componen la comunidad macrobéntica, de tal forma que para entender los procesos ecológicos generales que rigen el funcionamiento de los ecosistemas, es necesario contemplar la estacionalidad o estabilidad ambiental del mismo (Batzer, 1992). La parte baja del río Moctezuma, al tener un caudal manejado por el hombre, puede presentar las características típicas de los ríos regulados, en el sentido de que algunos grupos macrobénticos incrementan sus efectivos desproporcionalmente en determinados periodos, mientras que otros desaparecen casi del todo el ciclo.

Por otro lado, una mala gestión hidrológica de la cuenca del Moctezuma, puede llevar a la extinción a los grupos que dependen de la estacionalidad para su desarrollo (Odum, 1992), ya que como se vio en la Fig. , hay pocos grupos dominantes o persistentes a lo largo del ciclo hídrico, pero un gran número de especies complementarias o raras que hacen posible el mantenimiento de la capacidad de resiliencia del ecosistema, su banco genético de información y su estabilidad espacio-temporal como unidad evolutiva.

Tabla. 8.5.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el río Moctezuma. En donde los valores más altos indican mayor diversidad que los valores bajos.

Mes	Índice de Brillouin
junio	0.00
agosto	2.89
septiembre	0.56
octubre	0.00
noviembre	1.09
diciembre	2.07
enero	2.20
febrero	3.00
marzo	1.31
abril	0.83
mayo	1.41
junio	1.98



## Ecología de comunidades del Arroyo Tolimán

### Abundancia relativa y porcentajes

A lo largo del año se registraron 14 órdenes en el arroyo Tolimán de los cuales, sólo el orden Diptera se comporta como especie dominante, con un 33.5% de la abundancia total en el año. Por otro lado se registraron seis órdenes con abundancias muy parejas y el resto de los órdenes se comporta como raros: Amphipoda, Collembola, Homoptera, Isopoda y Trichoptera todos con menos de 1% del porcentaje total (Fig. 8.6.1).

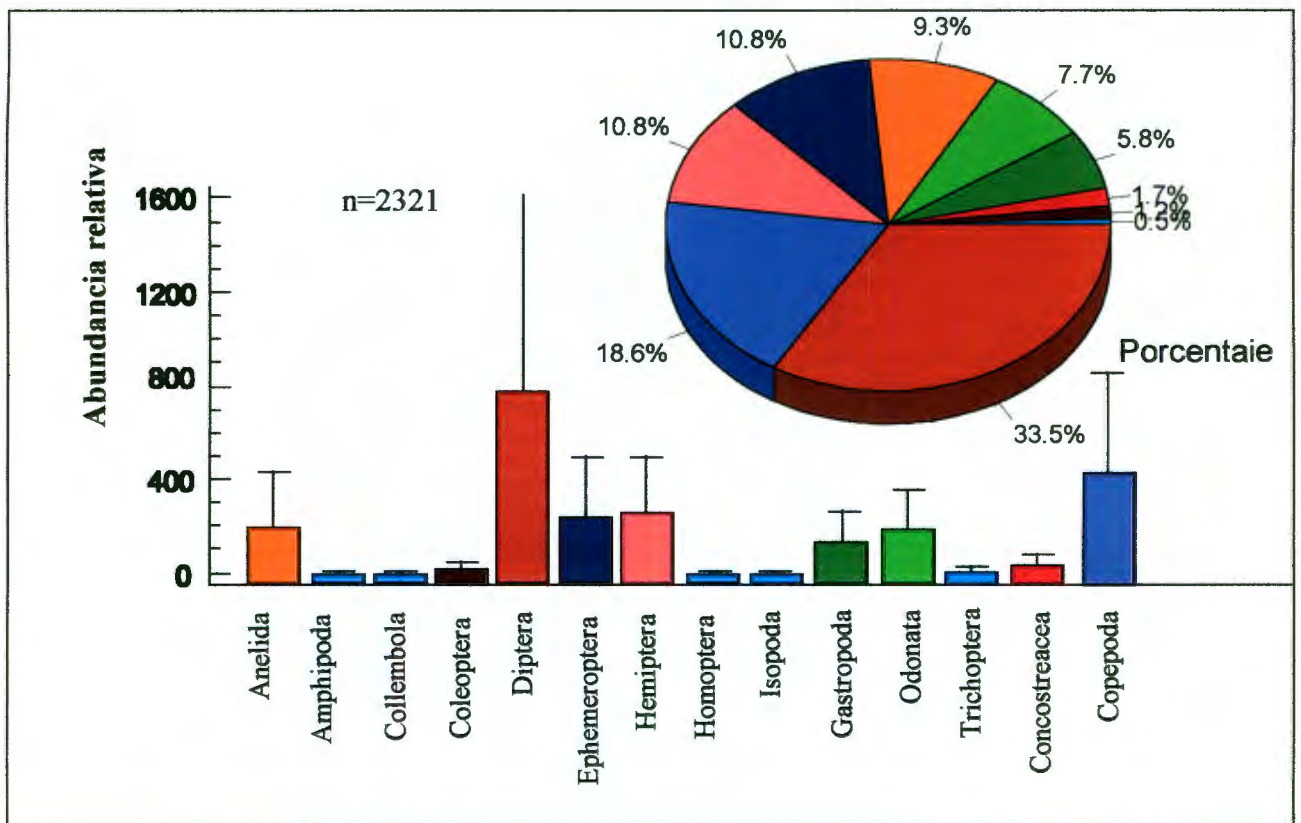


Fig. 8.6.1. Abundancia relativa de los órdenes registrados durante un ciclo hidrológico. La figura de pastel muestra el porcentaje de cada orden respecto al total de individuos colectados.

En cuanto al registro de órdenes por mes a lo largo de todo el ciclo hidrológico encontramos que los meses con mayor cantidad de órdenes son julio, septiembre y noviembre. Por otro el resto de los meses presenta fluctuaciones, siendo el mes de enero cuando hubo menor registro (Fig. 8.6.2).

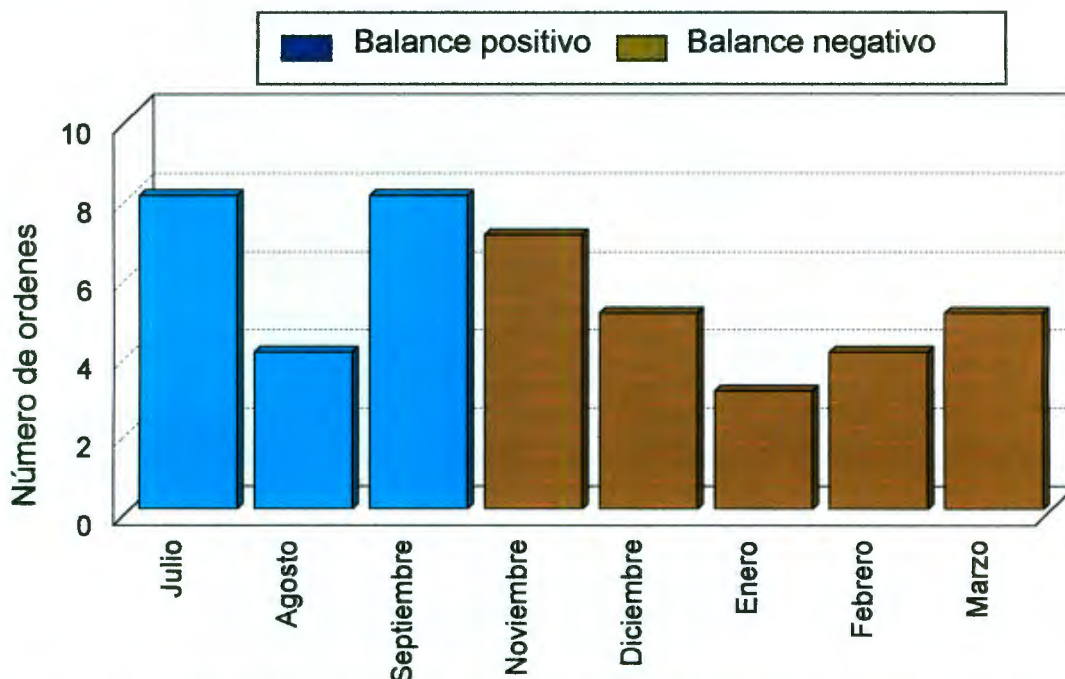


Fig. 8.6.2. Abundancia de órdenes a lo largo de un ciclo hidrológico en el arroyo Tolimán. El balance positivo corresponde a un aumento de precipitación y el balance negativo corresponde a menor precipitación.

La dinámica de los órdenes nos deja ver que a lo largo del año que tanto los órdenes dominantes como los raros presenta un incremento muy importante durante el mes de septiembre, y en el caso de los Diptera y Ephemeroptera se prolonga hasta el mes de noviembre, para después mantener una estabilidad pero a menor escala. En el caso de los Diptera vuelven a presentar un incremento en su abundancia durante el mes de marzo. Por el contrario, los Copepoda presenta gran abundancia durante septiembre para después casi desaparecer del sistema el resto del ciclo.(Fig. 8.6.3).

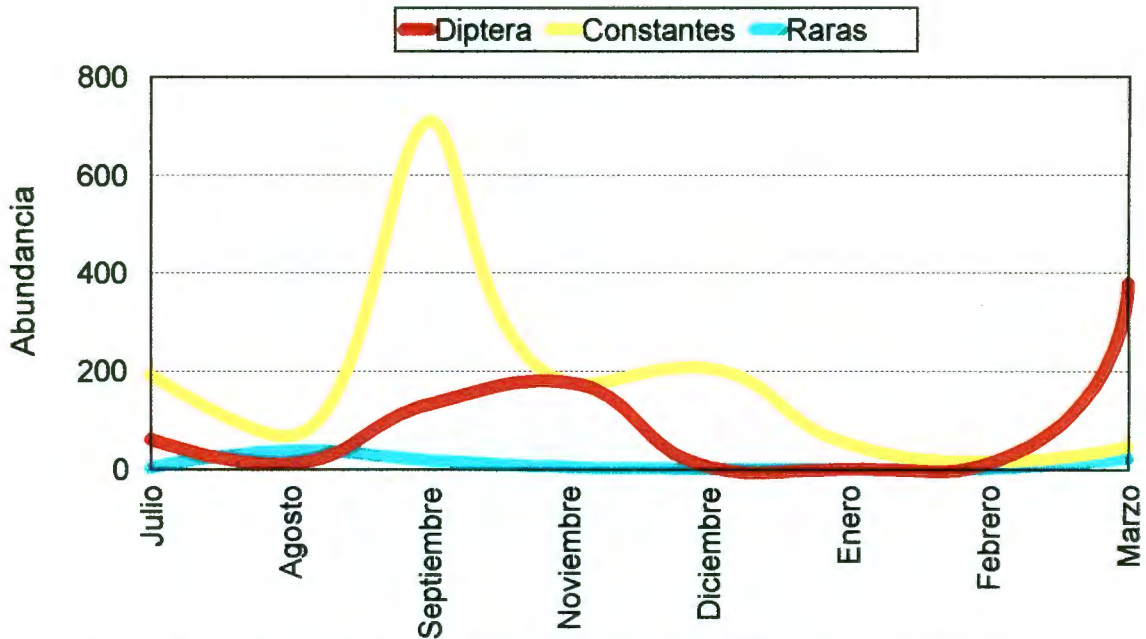


Fig. 8.6.3. Dinámica de los órdenes abundantes y raros en el arroyo Tolimán.

### Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

Los resultados indican que en el arroyo Tolimán se presentan tres picos importantes en el mes de septiembre, noviembre y febrero (2.01 y 2.05 respectivamente). Pero en general, el sistema presenta muchas fluctuaciones a lo largo del año, demuestra ser un sistema muy inestable debido a su condición de cuerpo de agua temporal (Fig 8.6.4).

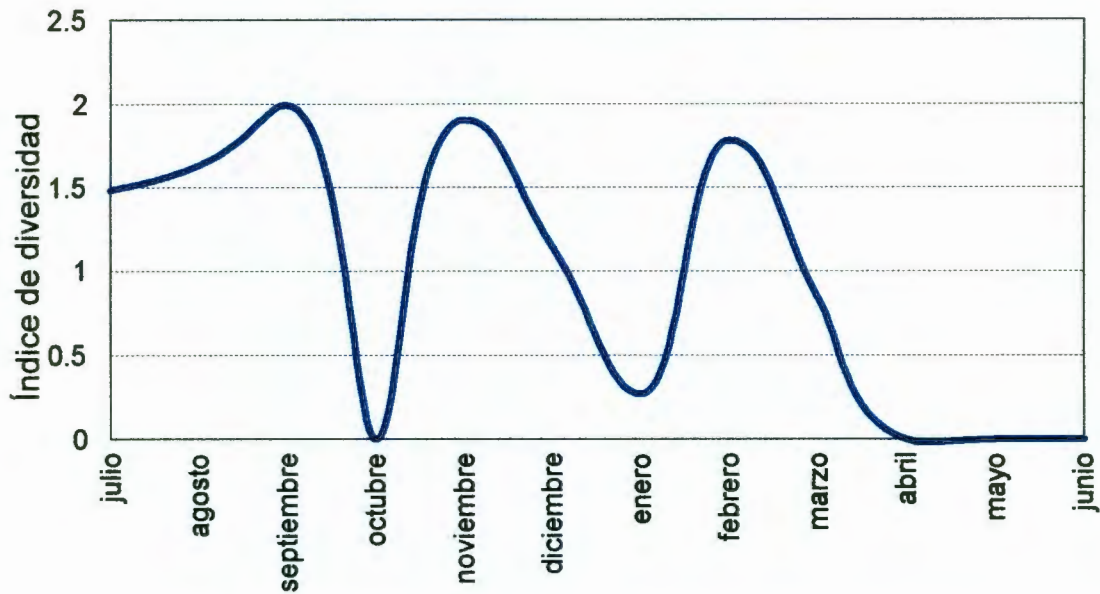


Fig. 8.6.4. Resultados del índice de Shannon Wiener durante un ciclo hidrológico en el arroyo Tolimán.

**Índice de Brillouin**

El índice de Brillouin indicó que los meses de agosto a noviembre tienen mayor interacción. En este sistema resulta muy claro que a medida que el cuerpo de agua se va secando la interacción entre sus órdenes se va haciendo menor (Tabla 8.6.1).

Tabla. 8.6.1. Resultados del índice de diversidad de Brillouin para el arroyo Tolimán. En donde los valores más altos indican mayor diversidad que los valores bajos.

Mes	Índice de Brillouin
junio	1.93
agosto	3.20
septiembre	3.24
octubre	0.00*
noviembre	3.86
diciembre	1.65
enero	0.00*
febrero	1.70
marzo	0.99
abril	0.00*
mayo	0.00*
junio	0.00*

\*Los valores de cero se deben a que se perdieron las muestras, y los correspondientes de mayo a junio se debe a que el cuerpo se seco.

## **Discusión**

Los factores ambientales tienen un papel decisivo en la distribución y abundancia espacio-temporal de los organismos dada la condición de cuerpo de agua temporal de este sistema ( Deletre, 1989; Nilsson y Söderstrom, 1988). Así durante los meses de precipitación se registra un incremento en los órdenes pues abunda el espacio y los recursos. Durante esta época los grupos que se mantienen presentes a lo largo de todo el año incrementa sus efectivos aun más, que el orden dominante en el sistema. Sin embargo, cuando llega la época de sequía, los recursos y el espacio empiezan a limitarse es cuando el orden dominante (Diptera), dada su condición generalista, aprovecha los pocos recursos del sistema e incrementa sus efectivos. Durante esta misma época dado que los microambientes se ven limitados a pequeñas pozas y el flujo de agua se ve interrumpido desaparecen muchos órdenes registrándose al mismo tiempo un decremento de los efectivos sus efectivos presentándose mayor interacción entre los grupos presentes durante esta parte del ciclo hidrológico (Morin, et al. 1988 y Renshaw et al. 1993.)

## 9. Análisis comparativo de los ecosistemas

### 9.1 Resultados el Coeficiente de Jaccard para cada uno de los sitios de muestreo

#### Río Alfajayucan

El coeficiente de similitud de Jaccard para Alfajayucan con el resto de los sitios de muestreo se obtuvieron valores muy altos que nos indica que Alfajayucan no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.1). Sin embargo, los valores más bajos corresponden al Moctezuma y la Presa después de la represa, lo que indica que estos sitios guardan cierta relación. Mientras que el sitio que menos relación guarda con Alfajayucan es el Arroyo Tolimán.

Tabla 9.1. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el Río Alfajayucan.

<u>Alfajayucan</u>	<u>Coeficiente de similitud</u>
Moctezuma	1.08
Río Tecozautla después de la represa	1.09
Epazote	1.4
Boyecito	1.6
Río Tecozautla después de la represa	1.09
Río Tecozautla antes de la represa	2.3
Tolimán	8.75

#### Manantiales del Epazote

El coeficiente de similitud de Jaccard de los manantiales nos dice que aparentemente no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.2). Sin embargo, tiene mayor relación con el arroyo Tolimán y al río Alfajayucan dado que tiene los valores más bajos. Mientras que el arroyo Boyecito y el río Tecozautla después de la represa son los que guardan menos relación con los manantiales del Epazote.

Tabla 9.2. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para los manantiales del Epazote.

Epazote	Coeficiente de Similitud
Tolimán	1.27
Alfajayucan	1.4
Río Tecozautla antes de la represa	2.12
Moctezuma	3.6
Río Tecozautla después de la represa	3.8
Boyecito	3.8

### **Río Tecozautla antes de la represa**

El coeficiente de similitud de Jaccard para el río Tecozautla antes de la represa nos dice que aparentemente no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.3). Sin embargo, el valor más bajo corresponden al arroyo Tolimán y al mismo río Tecozautla antes de la represa. Por otro lado, el arroyo Boyecito es el que guarda menos relación con este tramo el río Tecozautla.

Tabla 9.3. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el Río Tecozautla antes de la represa.

Río Tecozautla después de la represa	Coeficiente de Similitud
Río Tecozautla antes de la represa	1.75
Tolimán	1.75
Alfajayucan	2.3
Moctezuma	3
Epazote	3.8
Boyecito	5

### **Río Tecozautla después de la represa**

El coeficiente de similitud de Jaccard para el río Tecozautla después de la represa nos dice que aparentemente no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.4). Sin embargo, el valor más bajo corresponden al río Alfajayucan por lo que

sería el sitio más afín a este tramo del río Tecozautla . Mientras que el arroyo Boyecito es el que guarda menos relación con este lugar.

Tabla 9.4. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el Río Tecozautla después de la represa.

Río Tecozautla antes de la represa	Coeficiente de Similitud
Alfajayucan	1.09
Río Tecozautla después de la represa	1.75
Moctezuma	1.77
Tolimán	2
Epazote	2.12
Boyecito	4.25

### **Arroyo Boyecito**

El coeficiente de similitud de Jaccard para el arroyo Boyecito nos dice que aparentemente no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.5). Sin embargo, el valor más bajo corresponden al arroyo Tolimán y al río Alfajayucan, por lo que se podría pensar que hay cierta similitud entre estos ambientes. Mientras que el río Tecozautla en sus dos tramos son los que guardan menos relación con este arroyo.

Tabla 9.5. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el arroyo Boyecito.

Boyecito	Coeficiente de Similitud
Tolimán	1.4
Alfajayucan	1.6
Epazote	3.8
Moctezuma	3.8
Río Tecozautla antes de la represa	4.25
Río Tecozautla después de la represa	5



### **Río Moctezuma**

El coeficiente de similitud de Jaccard para el río Moctezuma con el resto de los sitios de muestreo se obtuvieron valores muy altos que nos indica que este sistema no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.6). Sin embargo, los valores más bajos corresponden al Alfajayucan y el Arroyo Tolimán por los que estos sitios guardan mayor relación con el Moctezuma. Mientras que el sitio que menos relación tiene con este sitio es el arroyo Boyecito.

Tabla 9.6. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el Río Moctezuma.

<u>Moctezuma</u>	<u>Coeficiente de similitud</u>
Alfajayucan	1.08
Toliman	1.18
Río Tecozautla después de la represa	1.77
Río Tecozautla antes de la represa	3
Epazote	3.6
Boyecito	3.8

### **Arroyo Tolimán**

El coeficiente de similitud de Jaccard para el arroyo Tolimán con el resto de los sitios de muestreo se obtuvieron valores muy altos que nos indica que este sistema no guarda relación alguna con los demás sitios (Tabla, 9.7). Los valores mas bajos obtenidos podemos pensar que es un sistema que guarda más relación directa con el Moctezuma y el Epazote. Por otro lado, los resultados nos dejan ver que el sistema menos parecido al arroyo Tolimán es el río Alfajayucan.

Tabla 9.7. Resultados del coeficiente de similitud Jaccard para el Arroyo Tolimán

Tolimán	Coeficiente de similitud
Moctezuma	1.18
Epazote	1.27
Boyecito	1.4
Río Tercozautla antes de la represa	1.75
Río Tercozautla después de la represa	2
Alfajayucan	8.75

Finalmente se hizo un análisis de cluster para poder apreciar mejor la relación que guardan estos sitios en cuanto a la composición de sus especies. Este cluster muestra concordancia con los resultados del coeficiente de similitud de Jaccard mostrando un solo grupo en el que se encuentran casi todos los sitios de muestreo a excepción de el río Tecozautla en su parte posterior a la represa, lo cual nos indica que todos los sitios guardan mucha semejanza, debido al nivel taxonómico con que se está trabajando. Pero por otro lado marca una fuerte relación entre el río Alfajayucan y el río Moctezuma (Fig. 9.1).

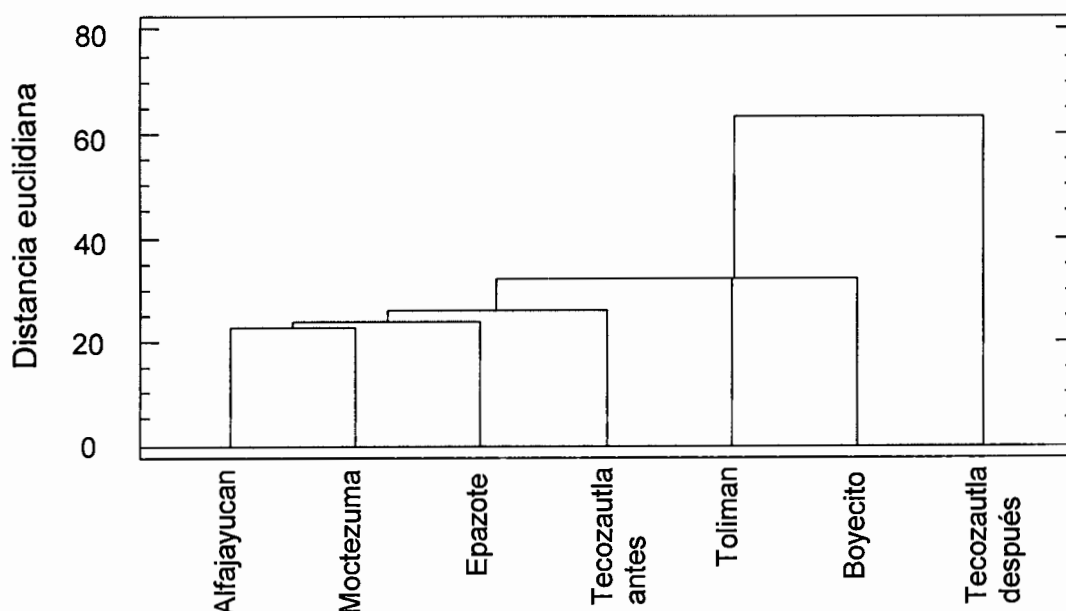


Fig 9.1. Cluster por liga completa de similitud de los sitios de muestreo

## 9.2 Resultados del análisis de contrastes múltiples

Una vez obtenidos los resultados del índice de diversidad de Brillouin para cada uno de los sitios de muestreo se hizo una prueba de Kruskal Wallis para conocer si había diferencia estadística significativa entre los sitios, encontrándose un valor de  $p = 0.02$  con un intervalo de confianza del 95%, lo que indica que los sitios guardan diferencias entre ellos.

Una prueba de contrastes múltiples nos indicó que los sitios que guardan menos relación entre sí son el río Alfajayucan con el río Moctezuma y el arroyo Tolimán, y el arroyo Boyecito con el río Moctezuma y el arroyo Tolimán. Por otro lado, los sitios con mayor relación son el río Moctezuma y el arroyo Tolimán, las dos partes muestreadas del río Tecozautla con el arroyo Tolimán, y por último el río Alfajayucan y el arroyo Boyecito (Tabla, 9.8).

Tabla. 9.8. Homogeneidad entre los sitios muestreados, obtenidos mediante la prueba de contrastes múltiples.

Sitios de muestreo	Grupos homogéneos
Toliman	X
Moctezuma	X
Epazote	XX
Tecozautla después de la represa	XX
Tecozautla antes de la represa	XX
Boyecito	X
Alfajayucan	X



## Conductividad

El 57.1% de los organismos colectados se ubicaron en los rangos más bajos de conductividad (0.25mS/cm a 0.75mS/cm). De todos los ordenes colectados, fueron los dípteros los que se distribuyeron más uniformemente a lo largo de todos los rangos de conductividad. Por otro lado algunos ordenes como megaloptera y copépodos sólo se encontraron asociados a rangos altos de conductividad (1.51mS/cm a 2.25mS/cm). Estos dos últimos grupos junto con los efemerópteros son los que marcan las tendencias de distribución del resto de los grupos. Los efemerópteros tienen el 75.3% de su abundancia asociada a rangos bajos de conductividad (menor a .25 mS/cm), mientras que los copépodos tienen un 97.9% y los megaloptera con un 99.7% en los rangos antes mencionados (Fig. 9.3).

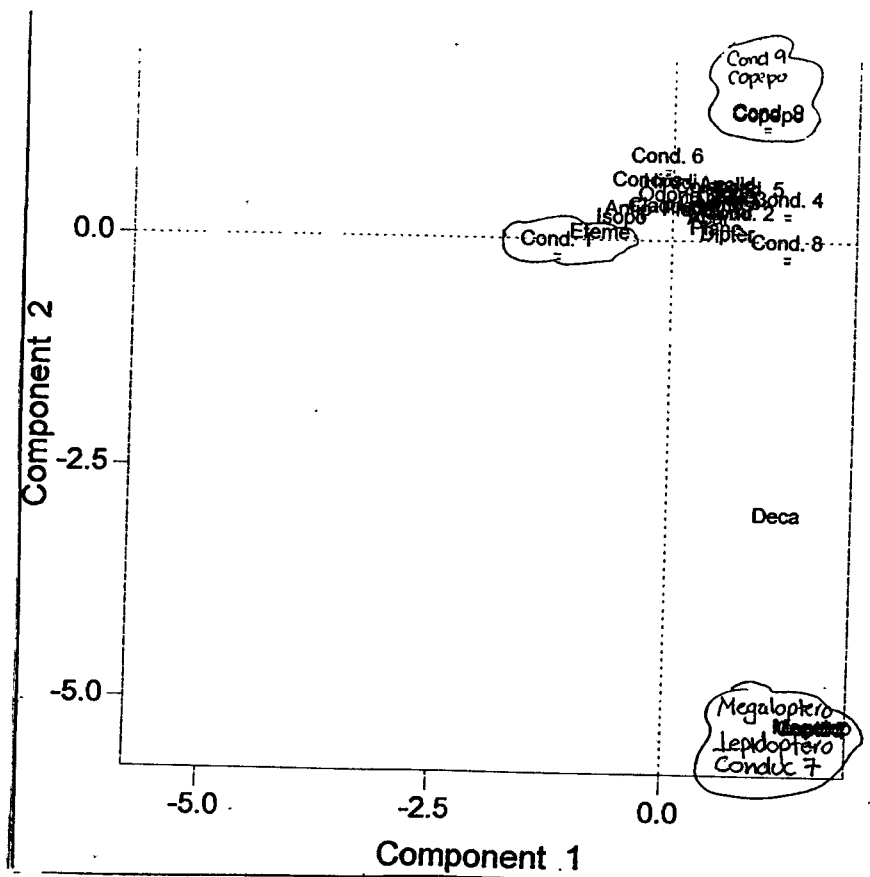


Fig 9.3. Gráfica asimétrica del DECORANA para la conductividad

## Oxígeno

En general, no parece haber alguna relación clara entre la abundancia y la cantidad de oxígeno. Así en un rango de 8.1 a 14.66 ppm de oxígeno se registró un 44% de los individuos colectados, el porcentaje restante se encuentra disperso en los otros rangos de oxígeno registrados. Sin embargo, los ephemeroptera registran una ligera asociación a un rango medio de oxígeno (8.1ppm a 11.33 ppm) al registrar un 55.9% de su abundancia en ese rango de oxígeno. Por otro lado, encontramos que el 98.8% de los copepoda se encuentran asociados al mayor rango de oxígeno (28.1ppm). Por esto, es que estos dos órdenes son los que influyen la tendencias de distribución en el caso del oxígeno (Fig. 9.4).

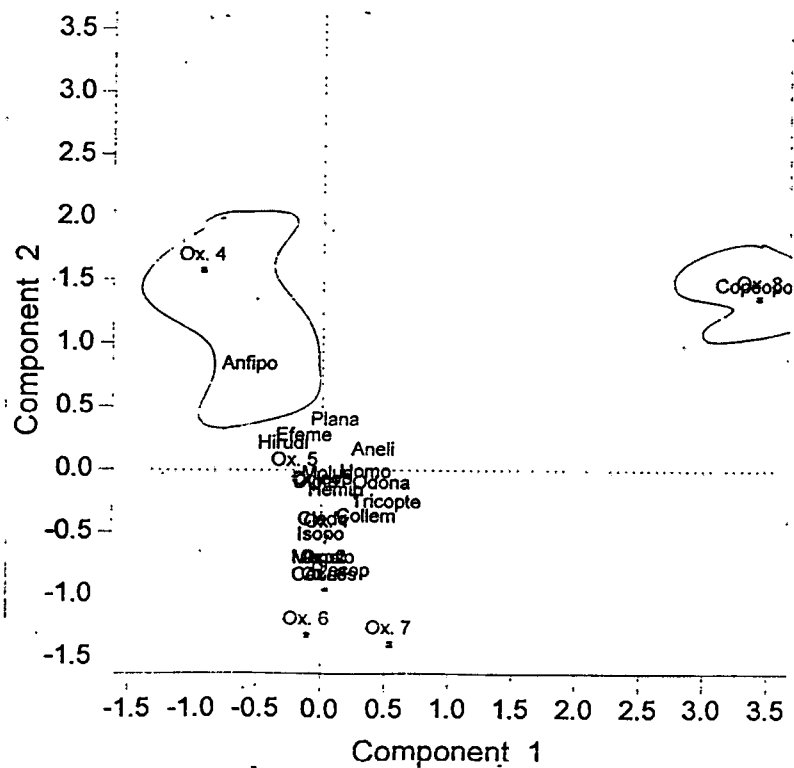


Fig 9.4. Gráfica asimétrica del DECORANA para el oxígeno

**pH**

Los organismos se encuentran asociados a rangos extremos de pH. Por un lado se encuentran los ephemeroptera, coleoptera, anelida asociados al rango más bajo de pH registrado (menor a 6.43). En cambio los amphipoda, copepoda e hirudinea registran un 48.6%, 66.7% y 72.5% respectivamente, en un rango alto de conductividad (7.5-7.76), mientras que los gastropoda presentan una ligera relación con los niveles altos de pH, pues tienen un 82.2% en el rango más alto de pH (8-8.5) (Fig. 9.5).

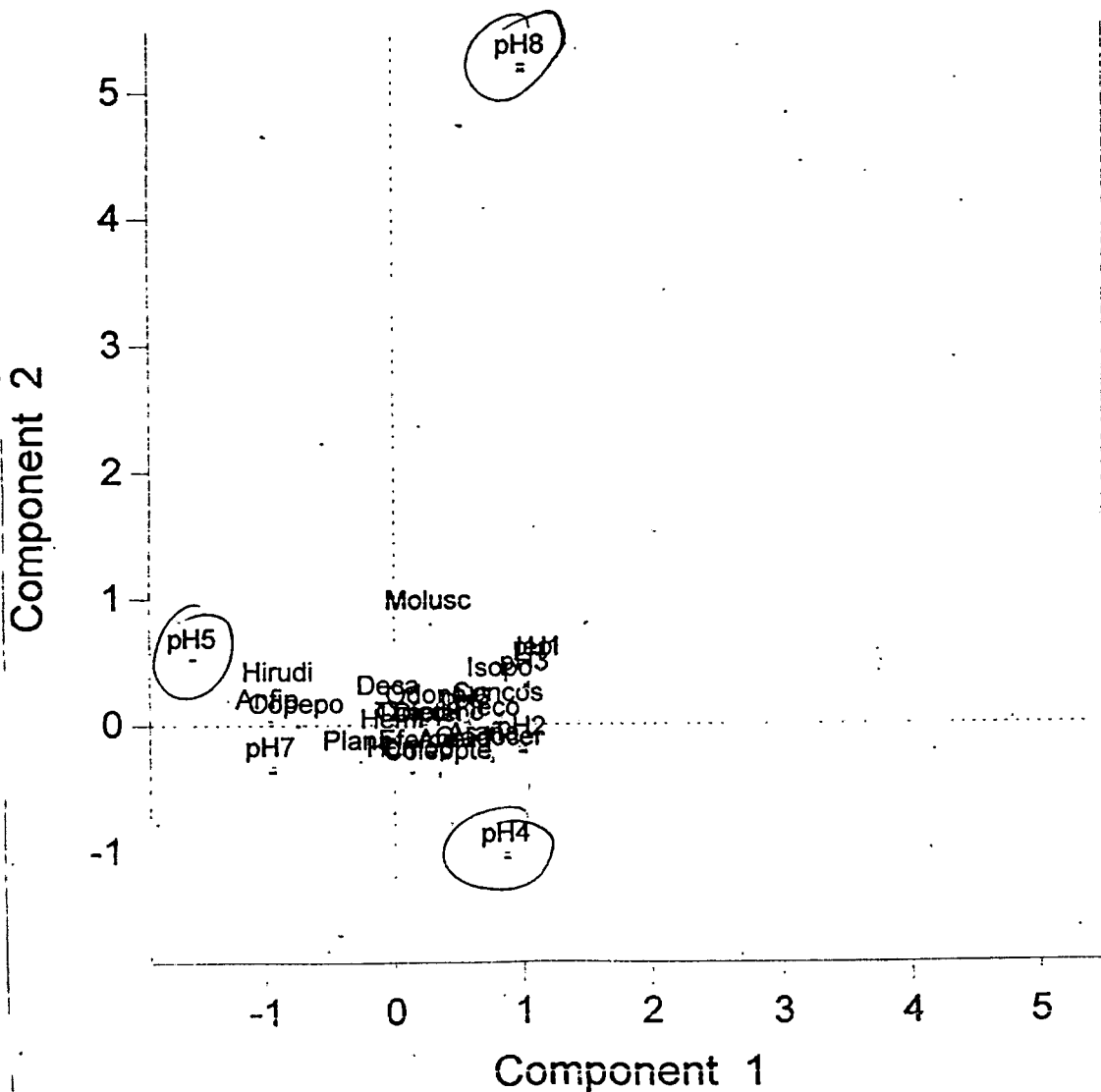


Fig. 9.5. Gráfica asimétrica del DECORANA para el pH.

### Temperatura

Se encuentra una clara asociación entre los amphipoda y un rango bajo de temperatura, pues se registra un 70% de su abundancia en el rango que va de 15 a 17°C. También se puede observar como las temperaturas más elevadas no se ven relacionadas con ningún orden (Fig. 9.6).

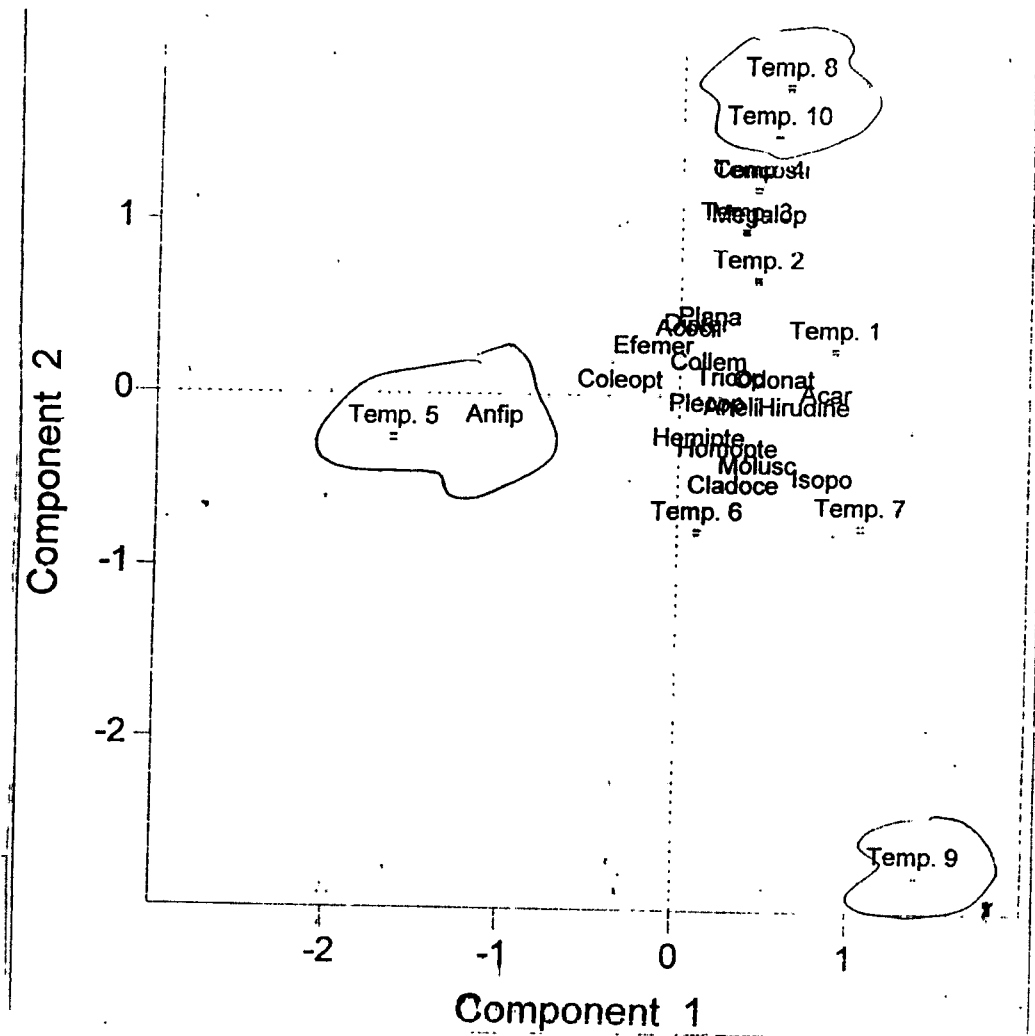


Fig. 9.6. Gráfica asimétrica del DECORANA para la Temperatura



## 10. Discusión General

Al analizar todos los datos que anteriormente se presentaron encontramos que los ríos menos manejados son los que presentan una dinámica y diversidad poblacional más estable que los ríos o cuerpos de agua que son más manejados.

Al comparar las diversidades de los ríos que forman parte de la cuenca San Juan (arroyo Boyecito, y río Tecozautla en sus dos partes) se observa como el río menos manejado, en este caso el arroyo Boyecito, mantiene una estabilidad en su diversidad a lo largo del ciclo hidrológico, mientras que el río Tecozautla, en ambas zonas se ven los efectos causados por el manejo del sistema debido a la represa, por lo que el sistema presentan grandes fluctuaciones en el mismo periodo (Fig. 10.1).

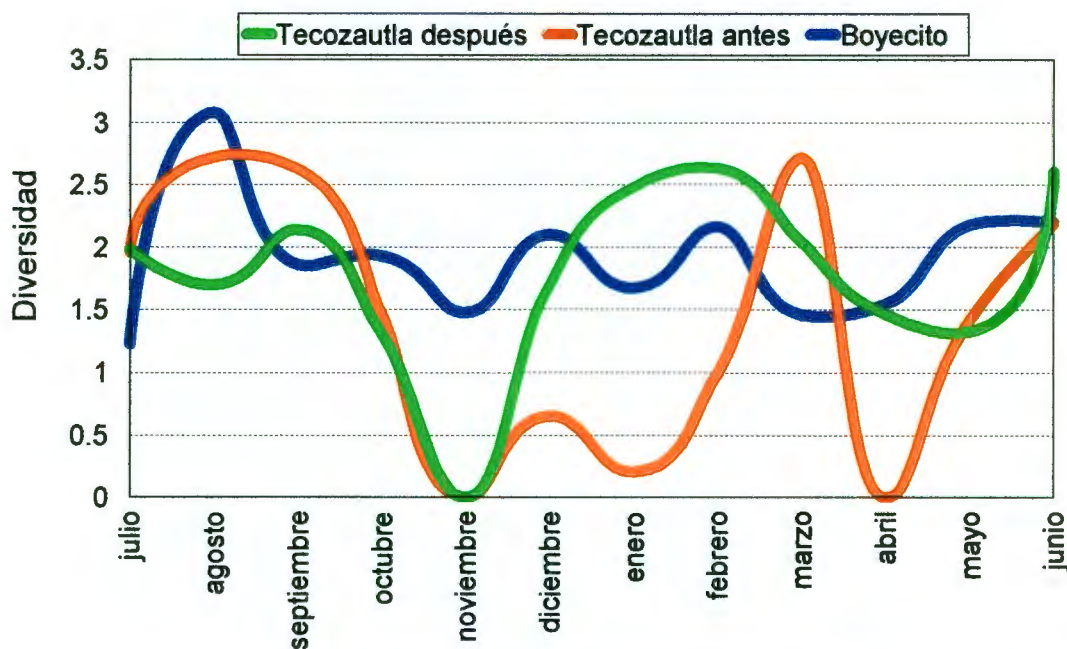


Fig. 10.1. Comparación de la diversidad (S-W) de los sistemas que forman parte de la cuenca del río San Juan.

Al analizar los cuerpos de agua que pertenecen a la cuenca del río Tula (manantial del Epazote y el río Alfajayucan) también se ven grandes diferencias,

mientras que el Epazote es un cuerpo permanente pero regulado, el río Alfajayucan presenta más las características de un río natural, influenciado por la estacionalidad, pero no por ningún manejo del hombre (Fig. 10.2).

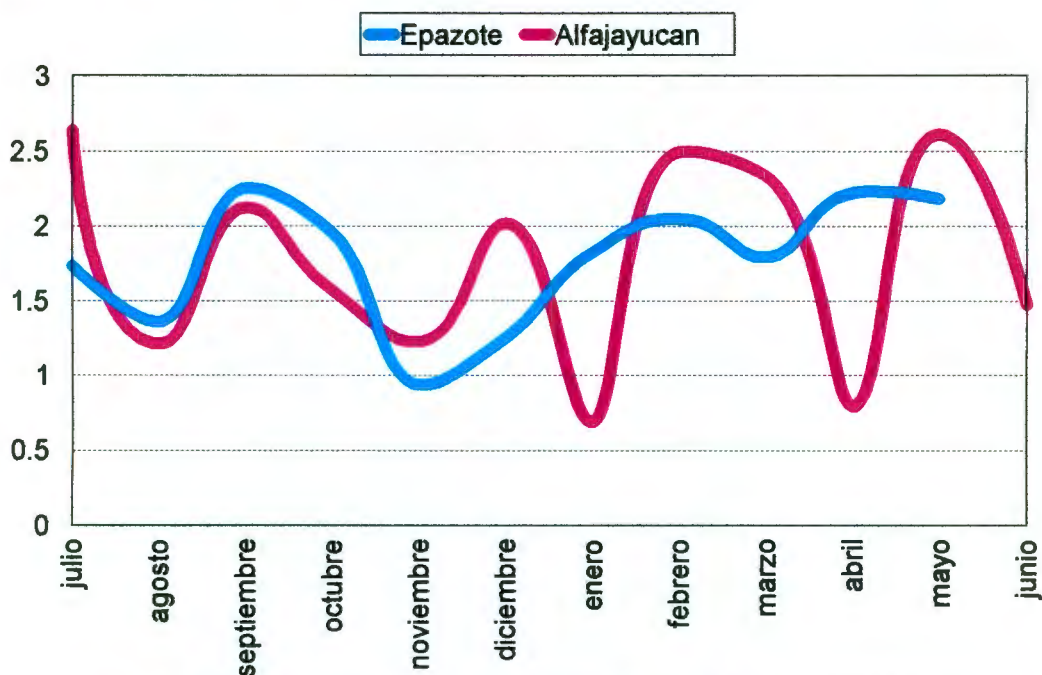


Fig. 10.2. Comparación de la diversidad (S-W) de los sistemas que forman parte de la cuenca del río Tula.

Así entonces, podemos decir que el arroyo Boyecito y el río Alfajayucan presentan el mismo patrón en cuanto a diversidad (Fig. 10.3) y dinámica en sus comunidades, dado que son sistemas muy parecidos en cuanto a microambientes y ambos se ven afectados sólo por los factores ambientales y la estacionalidad.

Ambos sistemas presentan un gran número de órdenes (18), los cuales se presentan de manera homogénea a lo largo del ciclo hidrológico (Fig 8.4.6 y Fig 8.1.6), sobre todo en el arroyo Boyecito. Los dos sistemas cuentan con grupos dominantes generalistas (Diptera) pero nunca presentan una abundancia mayor al 50% de la

abundancia total, por lo que los ordenes raros, que aunque son muchos, pueden mantener abundancias más altas que las de los sitios regulados.

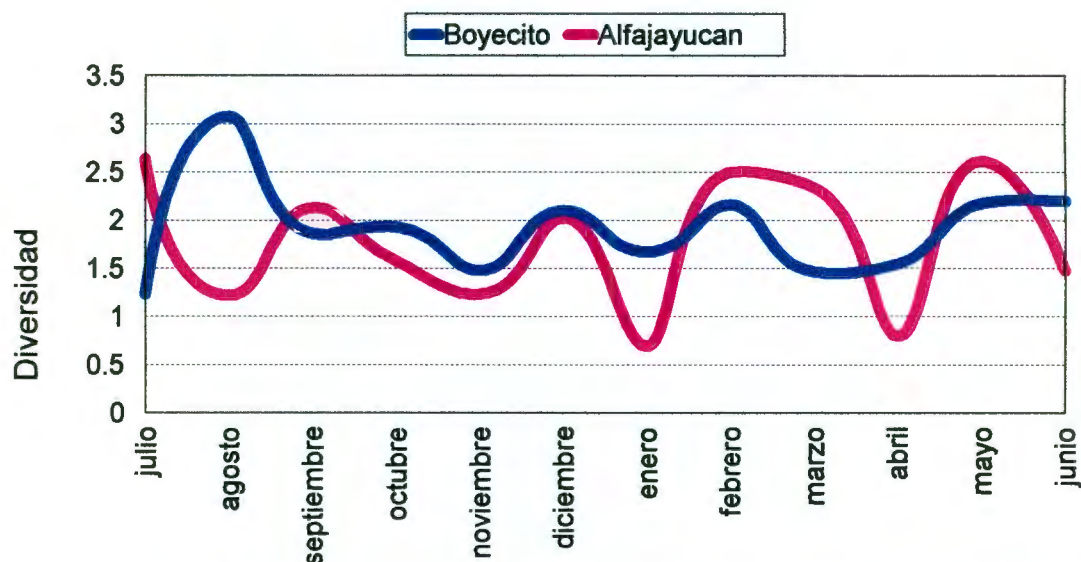


Fig. 10.3. Comparación de la diversidad (S-W) de los sistemas naturales: arroyo Boyecito y río Alfajayucan.

Por otro lado, encontramos que los río más regulados como lo son el río Moctezuma y el río Tecozautla en su parte represada (antes de la cortina) presentan fluctuaciones muy marcadas, pero a diferentes escalas, en su diversidad a lo largo del ciclo hidrológico (10.4). Ambos sistemas cuentan con grupos dominantes muy generalistas (Diptera) que abarcan el 50 % de la abundancia total, además este grupo como ya se vio en el análisis del DECORANA se adapta a un rango de factores ambientales muy amplio rigiendo la dinámica de la comunidad en cada sistema, lo cual ocasiona un gran número de órdenes raros pero con abundancias muy bajas todo el ciclo dada la presión de los grupos dominantes y de los propios factores abiótico del sistema.

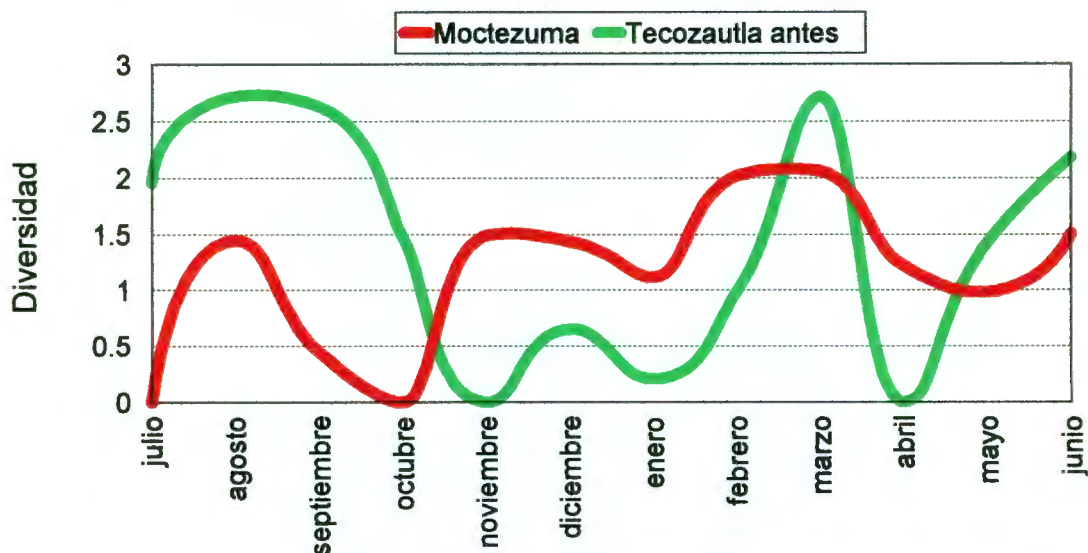


Fig. 10.4. Comparación de la diversidad (S-W) de los sistemas manejados: río Moctezuma y río Tecozautla.

Así entonces, podemos decir que si aunamos una mala gestión de los cuerpos de agua a las presiones ambientales que éstos presentan, se puede llevar a la extinción a grupos que dependen de rangos fisicoquímicos más específicos y de la estacionalidad para su desarrollo.

Finalmente el caso del arroyo Tolimán, un sistema natural, pero fuertemente regido por la estacionalidad dada su condición de cuerpo temporal, presenta poca diversidad y abundancia de órdenes, con fluctuaciones muy marcadas a lo largo del ciclo hidrológico (Fig. 10.5). Dado que el sistema presenta un grupo dominante y generalista (Diptera) y varios ordenes con abundancias constantes a lo largo del ciclo, los ordenes raros tienen poca oportunidad en este sistema y todo el ciclo presentan abundancias muy bajas.

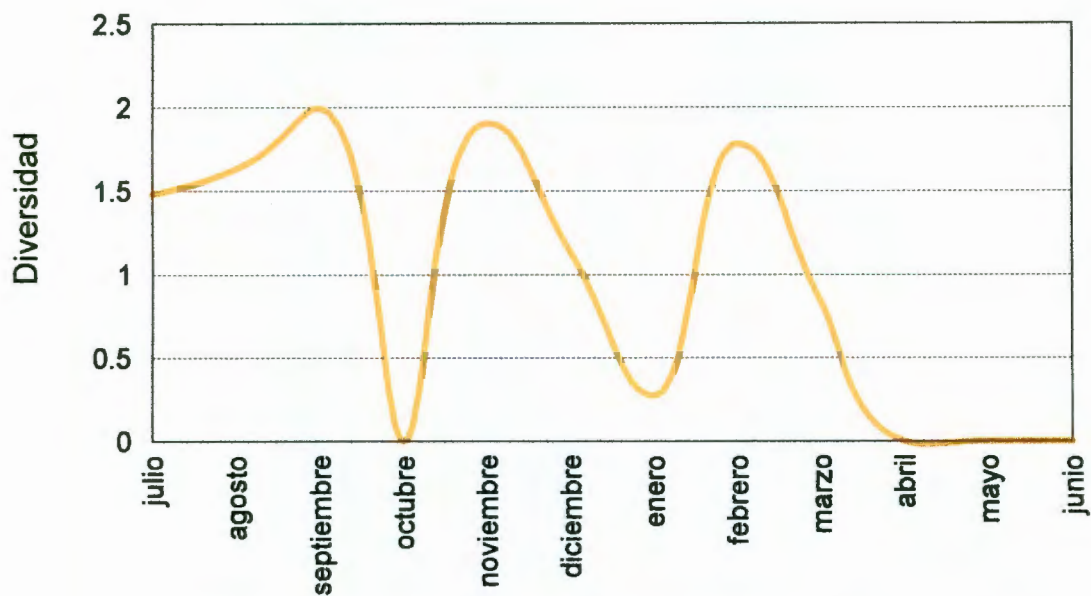


Fig. 10.5. Diversidad (S-W) del arroyo Tolimán, que por su calidad de sistema temporal presenta fluctuaciones muy marcadas.

## 11. Conclusiones

La estructura de todos los sistemas presentan pocos órdenes dominantes (generalmente los Diptera) y un gran número de órdenes raros, que en conjunto mantienen la capacidad de resiliencia del ecosistema y su estabilidad espacio temporal.

A escala regional la estacionalidad es uno de los factores abióticos que más relación guarda con la dinámica y abundancia de los macroinvertebrados.

A escala local la diversidad de microhabitats es lo que más relación guarda con la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados.

La presencia de los macroinvertebrados están correlacionados estadísticamente con los factores ambientales

La dinámica de las comunidades del macrobentos de sitios manejados presentan fluctuaciones muy marcadas a lo largo del ciclo hidrológico y además, regidas por los órdenes dominantes y generalistas.

La dinámica de las comunidades del macrobentos de sitios no manejados presentan mayor homogeneidad a lo largo del ciclo hidrológico y una relación inversa entre órdenes dominantes y raros pero sin llegar a la desaparición de grupos.

La mala gestión hidrológica altera los procesos naturales de diversidad y abundancia en las comunidades de macroinvertebrados

## 12. Literatura Citada

- Alonso, P. 2002. Odonatofauna del área de influencia de la presa Zimapán Hidalgo-Querétaro. Tesis de Doctorado en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Batzer P.D. y Resh V. H. 1992. Macroinvertebrates of California seasonal wetland and responses to experimental manipulation: *Wetlands* 12: 1-7
- Batzer, P.D. y Wissinger S. A. 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu. Rev. Entomol.* 41:75-100.
- Benndorf, J. y K. Putz, 1987. Control of eutrophications of lakes and reservoirs by means of pre-dams-I. Mode of operation and calculation of the nutrients elimination capacity. *Water Res.* Vol. 21(7), pp. 829-838.
- Bournaud, M. Cellot, B. Richoux, P. y Berrahou, A. 1996. Macroinvertebrates community structure and environmental characteristics a large river congruity of patterns for identification to species or family. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(2): 232-253.
- Brower, J. y Zar, J. 1984. Field and laboratory methods for general ecology. Second edition, Brown Publishers Dubuque, IOWA.
- CEACA, 1997. Boletín Informativo sobre la concentración de contaminantes en los peces de la Presa Zimpán.
- Centro Queretano de Recursos Naturales, CONCYTEQ, 1999. Diagnóstico preliminar del Estado de las Afectaciones Ambientales Potenciales Asociadas a la Presa Zimapán, México.
- CFE, 1989; Informe de estudios de calidad de agua. Área de Ecología e impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, México. Informe CFE.
- Crisóstomo, M. 1994. Estudio Sobre algunos parámetros ecológicos de la comunidad ictiofaunística de los ríos San Juan, Tula y Moctezuma, de los estados de Hidalgo y Querétaro. Tesis de Licenciatura, ENEP Acatlan, UNAM. México.
- De Buen, F. 1945. Investigaciones sobre la ictiología Mexicana II. La ictiofauna de los alrededores de la ciudad de Querétaro. *An. Inst. Biól. Méx.* 16(2) : 533 :537.
- Derette, Y. R. 1989. Effect of duration and intensity of drought on abundance and phenology of adults Chironomidae (Diptera) in a shallow temporary pool. *Arch. Hydrobiol.* 114:383-399.
- Equihua, M. y Sosa, V. 1996. Monitoreo de la ictiofauna posterior a la construcción del P. H. Zimapán. Informe final. Instituto de ecología, A.C. Xalapa Ver. México.
- García, E. 1983. Apuntes de climatología. Instituto de Geografía. UNAM. México
- Graca M. A.; Fonseca D. y Castro T. 1989. *Freshwater Biology.* 22:297-308
- Grows, J.E. Davis, J. A. Cheal F; Schmidt, LG; Rosich, R. S. y Bradley S. J. 1992. Multivariate patterns analysis of wetland invertebrates communities and enviromental variables in Western Australia. *Aust. J. Ecol.* 17:275-288.
- Gutiérrez Yurrita P. 2000. Reflexiones sobre la gestión de los cuerpos de agua epicontinentales y su papel en la cultura. *Zoología Informa.* ENCB-IPN. 43:27-57.



- Gutiérrez-Yurrita P. Padilla, U. 2002. Inventario Faunístico, Análisis para su conservación. En prensa.
- Gutiérrez-Yurrita P. y Ramírez C. 1999. Distribución de camaridos (Crustacea: Astacidea) del estado de Querétaro y tipología ecológica de sus hábitos. Resúmenes del XV Congreso Nacional de Zoología, Tepic, Nayarit.
- Hendricks, D. 1984. Impacto de las represas en la calidad del agua. En: Shorr, T.S. (Ed.) Las represas y sus efectos sobre la salud. ECOGUIA 1. OPS/OMS, México 71-88.
- Instituto de Geofísica UNAM, 1998, Diagnostico preliminar del Estado de las Afectaciones Ambientales Potenciales Asociadas a la Presa Zimpán. Departamento de Recursos Naturales. UNAM.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI. 1996. Cuaderno estadístico Municipal. Alfajayucan, Estado de Hidalgo. INEGI, Gobierno de Hidalgo, H. Ayuntamiento constitucional de Alfajayucan.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI. 1986. Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. Secretaría de programación y presupuesto.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI. 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. Secretaría de programación y presupuesto.
- Jenkins, D. W. 1984. Evaluación ecológica y manejo ambiental. En Schorr, T.S. (Ed.) Las represas y sus efectos sobre la salud. ECOGUIA 1. OPS/OMS, México 102-128.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological Methodology. Harper Collins Publisher. 654 pp.
- Magurran, A E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Primera Edición. Ediciones VENDRA. Barcelona, España. 200 pp.
- Martínez, L. 1995. Informe de la cuantificación de pesticidas y plomo en peces del embalse Zimapán. Lab. Ecotoxicología, ENCB, IPN. México.
- Mazari, H. M. 1992. Groundwater contamination by organic compounds in the Mexico City Metropolitan area. PH. D. Thesis University of California, Los Angeles USA.
- McCune y Mewford 1997. Analysis Multivariate for ecological data. DECORANA. MjM software, Ver. 3.17. Glenede beach, Oregon, EU.
- Merrit R. W. y Cummins K. W. 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3ª Edición. Kendall/Hunt Publishing Company. E.U.
- Minshall, G. W. 1968. Community dynamics of the benthic fauna in a woodland springbrook. Hydrobiologia. 32: 305-339.
- Minshall, G. W. 1967. Role of allochthonous detritus in the trophic structure of a woodland springbrook community. Ecology 48:139-149.
- Morales A. y Gutiérrez-Yurrita P. 2000. Ictiofauna de la cuenca del río Moctezuma, Centro de México. Séptimo Congreso nacional de Ictiología. Cd. de México.
- Morales, C. 1994. Estudio sobre algunos parámetros ecológicos de la comunidad ictiofaunística en los ríos San Juan, Tula y Moctezuma, de los estados de Hidalgo y Querétaro. Tesis de licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, UNAM.
- Morin, P.J. Lawler S. P. Johnson, E. A. 1988. Competition between aquatic insects and vertebrates: interaction strength and higher order interactions. Ecology. 69:1401-1409

- Nielsen A. L., Johnson L.D., Lampton S. S. 1983. "Fisheries techniques" Southern Printing Company. USA.
- Nilsson A.N. y Söderström, O. 1988. Larval consumption rates, interspecific predation, and local guild of egg-overwintering *Agabus* (coleoptera, Dytiscidae) species in vernal ponds. *Oecologia* 76:131-137
- Odum, E. P. 1992. *Ecología: Bases científicas para un nuevo paradigma*. Primera Edición. Ediciones: VENDRA. Barcelona 282 pp.
- Palacio, A., A. Rodríguez, M. Mazari, P. Magaña, I. Navarro, J. Padilla, V. Olvera, F. Pérez, M. Sotelo y P. González. 1994. Datos climatológicos, análisis físicos, químicos y bacteriológicos de los ríos San Juan, Tula y Moctezuma del PHZ, Hgo. Vol. III de Evolución de la calidad del agua del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, Hgo. Informe final. Instituto de Ingeniería UNAM, CFE Proy. 3127.134.
- Pitre, C. 1994. Análisis of induced recharge from a waste canal through fractured clays in México City. Master in Sciences thesis, Univ. of Waterloo Canada. 225pp.
- Power, M.; Stout J.; Cushing C.; Harper, P.; Hauer R.; Matthews W.; Moyle P.; Statzner B. y Wais de Bardgen I. 1988. Biotic and abiotic controls in river and stream communities. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(4):456-479.
- Renshaw, M.; Service, M.W. y Birley, M, H. 1993. Density-dependent regulation of *Aedes catans* (Diptera:Culicidae) in natural and artificial populations. *Ecol. Entomol.* 18:223-233.
- Ricklets, R.E. 1979. *Ecology*. Chiror. Press Inc. New York, N. Y. 966 pp.
- SARH, 1981. Clasificación del río Moctezuma (Cuenca del Río Pánuco): Hasta la estación Hidrométrica Las Adjuntas, Informe Interno. Dir. Gral. De usos del Agua y prevención de la Contaminación, Subsecretaría de Planeación, SARH. Hidalgo, México.
- Schreiber, E. S. G. 1995. Long-term patterns of invertebrate stream drift in Australia temperate stream. *Freshwater biology.* 33: 13-25.
- Secretaría de Salud del estado de Querétaro, 1998. Comentario al estudio de laboratorio realizados al pescado de Zimpán. Dirección de Saneamiento Ambiental.
- Sweeny, B. N. y Vannote R. L. 1978. Size variation and the distribution of hemimetabolous aquatic insect: tow thermal equilibrium hypoteses.
- Vannote, R. L. 1978. A geometric mass describing a quasi equilibrium of energy flow in populations of streams insects, *Proc. Natl. Acad. Sci. Us.* 75:381-384.
- Vannote, R.L. Minshall W. G. Cummins K. W. Senadel, J. R. y Cushing C 1980. The River continuum concept. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137
- Ward, J. V. y Stanford, 1983. The intermediate-disturbance hypothesis: an explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. Lillehammer and S. J. Saltveit (editors). En *Regulated rivers*. Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Ward, J. V. y Stanford, 1984. The regulated stream as a testing ground for ecological theory.

### 13. Anexo

#### Base de Datos del arroyo Boyecito por mes y una tabla general

Julio

Col_20	Count	Average	Sum
2	2	2.5	5.0
4	1	6.0	6.0
6	6	6.0	36.0
7	6	103.833	623.0
8	4	22.5	90.0
9	1	4.0	4.0
10	2	2.0	4.0
15	2	10.0	20.0
16	2	5.0	10.0
Total	26	30.6923	798.0

Agosto

Col_20	Count	Average	Sum
1	3	56.0	168.0
2	3	7.0	21.0
4	1	127.0	127.0
5	1	1.0	1.0
6	3	9.0	27.0
7	7	16.8571	118.0
8	4	16.5	66.0
9	3	12.0	36.0
10	4	2.5	10.0
11	1	1.0	1.0
15	6	4.66667	28.0
16	4	10.75	43.0
17	4	9.75	39.0
22	1	1.0	1.0
Total	45	15.2444	686.0

Septiembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	8.0	8.0
6	2	7.0	14.0
7	4	7.75	31.0
8	5	26.4	132.0
9	1	6.0	6.0
11	1	3.0	3.0
12	2	31.0	62.0
15	5	93.6	468.0
16	1	18.0	18.0
17	2	7.5	15.0
Total	24	31.5417	757.0

Octubre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	202.0	202.0
2	2	4.0	8.0
6	3	18.6667	56.0
7	3	52.3333	157.0
8	1	5.0	5.0
10	2	7.0	14.0
15	1	1.0	1.0
17	2	7.0	14.0
Total	15	30.4667	457.0

Noviembre

Col_20	Count	Average	Sum
6	2	1.5	3.0
7	2	50.5	101.0
8	2	2.5	5.0
10	1	1.0	1.0
11	2	1.5	3.0
15	2	93.0	186.0
16	2	7.0	14.0
19	2	1.0	2.0
Total	15	21.0	315.0

Diciembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	1.5	3.0
6	7	1.85714	13.0
7	5	86.0	430.0
8	8	11.875	95.0
10	5	6.0	30.0
15	5	25.2	126.0
16	3	7.66667	23.0
17	3	5.33333	16.0
18	3	15.3333	46.0
22	1	1.0	1.0
Total	42	18.6429	783.0

Descripción ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de Zimapán: Anexo

Enero

Col_20	Count	Average	Sum
6	2	1.5	3.0
7	2	131.5	263.0
9	1	12.0	12.0
11	1	3.0	3.0
14	1	1.0	1.0
15	1	217.0	217.0
16	1	87.0	87.0
Total	9	65.1111	586.0

Febrero

Col_2	Count	Average	Sum
1	1	95.0	95.0
5	1	1.0	1.0
6	4	4.0	16.0
7	7	56.0	392.0
8	5	17.4	87.0
11	1	2.0	2.0
15	5	22.2	111.0
16	4	7.75	31.0
17	2	3.0	6.0
18	4	2.0	8.0
19	1	3.0	3.0
20	1	2.0	2.0
Total	36	20.9444	754.0

Marzo

Col_20	Count	Average	Sum
1	4	7.5	30.0
2	1	3.0	3.0
5	1	1.0	1.0
6	2	1.5	3.0
7	5	91.6	458.0
8	4	5.5	22.0
10	5	3.6	18.0
15	3	2.66667	8.0
16	1	7.0	7.0
17	3	18.0	54.0
18	1	3.0	3.0
22	1	1.0	1.0
Total	31	19.6129	608.0

Abril

Col_20	Count	Average	Sum
2	2	5.0	10.0
6	2	3.5	7.0
7	3	113.333	340.0
8	3	2.66667	8.0
10	2	1.0	2.0
15	3	19.0	57.0
16	2	2.5	5.0
17	1	1.0	1.0
18	2	27.0	54.0
19	1	3.0	3.0
Total	21	23.1905	487.0

Mayo

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	2.0	2.0
2	3	149.333	448.0
6	1	1.0	1.0
7	4	49.0	196.0
8	6	1.66667	10.0
9	2	6.0	12.0
10	3	103.667	311.0
11	1	1.0	1.0
15	5	19.8	99.0
16	4	6.5	26.0
17	3	5.66667	17.0
Total	33	34.0303	1123.0

Junio

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	3.0	6.0
2	2	4.0	8.0
6	3	2.33333	7.0
7	7	24.5714	172.0
8	2	4.0	8.0
10	2	13.0	26.0
11	1	1.0	1.0
15	1	290.0	290.0
16	3	35.0	105.0
17	4	10.5	42.0
18	1	1.0	1.0
Total	28	23.7857	666.0

Boyecito general

Col_20	Count	Average	Sum
1	15	34.2667	514.0
2	15	33.5333	503.0
4	2	66.5	133.0
5	3	1.0	3.0
6	37	5.02703	186.0
7	55	59.6545	3281.0
8	44	12.0	528.0
9	8	8.75	70.0
10	26	16.0	416.0
11	8	1.75	14.0
12	2	31.0	62.0
14	1	1.0	1.0
15	39	41.3077	1611.0
16	27	13.6667	369.0
17	24	8.5	204.0
18	11	10.1818	112.0
19	4	2.0	8.0
20	1	2.0	2.0
22	3	1.0	3.0
Total	325	24.6769	8020.0

## Base de Datos de Alfajayucan

Julio

orden	Count	Average	Sum
2	1	40.0	40.0
3	1	1.0	1.0
4	1	55.0	55.0
5	2	1.0	2.0
6	5	7.6	38.0
7	5	19.4	97.0
8	11	24.5455	270.0
9	4	14.0	56.0
10	1	1.0	1.0
11	1	7.0	7.0
15	4	2.25	9.0
16	1	6.0	6.0
17	1	1.0	1.0
18	2	26.0	52.0
22	1	1.0	1.0
Total	41	15.5122	636.0

Agosto

orden	Count	Average	Sum
3	1	2.0	2.0
6	1	5.0	5.0
7	5	45.4	227.0
8	4	4.5	18.0
9	4	14.5	58.0
15	2	1.5	3.0
16	1	1.0	1.0
Total	18	17.4444	314.0

Septiembre

orden	Count	Average	Sum
1	3	206.0	618.0
3	4	2.5	10.0
6	6	4.33333	26.0
7	4	53.75	215.0
8	6	11.0	66.0
9	8	5.5	44.0
10.	2	14.5	29.0
11	3	9.66667	29.0
15	3	53.6667	161.0
16	1	1.0	1.0
Total	40	29.975	1199.0



### Octubre

orden	Count	Average	Sum
1	1	51.0	51.0
6	3	3.33333	10.0
7	1	76.0	76.0
8	3	115.333	346.0
9	2	4.0	8.0
16	2	9.0	18.0
17	1	6.0	6.0
Total	13	39.6154	515.0

### Noviembre

orden	Count	Average	Sum
15	3	8.0	24.0
1	1	1.0	1.0
6	1	1.0	1.0
7	3	52.3333	157.0
8	1	2.0	2.0
16	1	31.0	31.0
Total	10	21.6	216.0

### Diciembre

orden	Count	Average	Sum
3	1	4.0	4.0
6	1	3.0	3.0
7	2	8.5	17.0
8	1	1.0	1.0
9	1	13.0	13.0
12	1	1.0	1.0
15	1	16.0	16.0
Total	8	6.875	55.0

### Enero

orden	Count	Average	Sum
7	1	17.0	17.0
15	1	137.0	137.0
16	1	5.0	5.0
Total	3	53.0	159.0

Febrero

orden	Count	Average	Sum
1	2	124.5	249.0
2	2	41.0	82.0
3	4	4.5	18.0
6	8	4.375	35.0
7	6	93.8333	563.0
8	7	14.7143	103.0
9	4	11.5	46.0
10	1	13.0	13.0
11	1	1.0	1.0
12	3	1.33333	4.0
15	6	19.5	117.0
16	2	10.5	21.0
17	1	6.0	6.0
18	3	6.0	18.0
Total	50	25.52	1276.0

Marzo

orden	Count	Average	Sum
1	2	135.0	270.0
6	1	1.0	1.0
7	8	80.5	644.0
8	7	75.7143	530.0
9	5	1.8	9.0
10	1	1.0	1.0
15	7	57.5714	403.0
16	1	2.0	2.0
17	4	26.0	104.0
18	3	27.3333	82.0
Total	39	52.4615	2046.0

Abril

orden	Count	Average	Sum
2	1	2.0	2.0
6	4	9.5	38.0
7	5	95.4	477.0
8	1	6.0	6.0
9	3	3.33333	10.0
15	2	6.5	13.0
16	1	1.0	1.0
Total	17	32.1765	547.0

### Mayo

orden	Count	Average	Sum
2	1	237.0	237.0
6	1	7.0	7.0
7	1	93.0	93.0
8	2	47.0	94.0
9	2	31.5	63.0
11	1	9.0	9.0
15	3	27.3333	82.0
16	3	4.66667	14.0
18	1	56.0	56.0
Total	15	43.6667	655.0

### Junio

orden	Count	Average	Sum
6	2	5.0	10.0
7	4	60.0	240.0
8	2	1.5	3.0
9	1	7.0	7.0
11	1	1.0	1.0
15	2	53.5	107.0
18	1	19.0	19.0
Total	13	29.7692	387.0

### Alfajayucan general

orden	Count	Average	Sum
1	9	132.111	1189.0
2	5	72.2	361.0
4	1	55.0	55.0
5	2	1.0	2.0
6	33	5.27273	174.0
7	45	62.7333	2823.0
8	44	32.6591	1437.0
9	35	9.02857	316.0
10	5	8.8	44.0
11	7	6.71429	47.0
12	4	1.25	5.0
15	34	31.5294	1072.0
16	14	7.14286	100.0
17	7	16.7143	117.0
18	10	22.7	227.0
22	1	1.0	1.0
Total	267	29.9813	7970.0

## Base de datos del Epazote

Julio

Col_20	Count	Average	Sum
1	3	5.66667	17.0
4	1	5.0	5.0
6	4	9.5	38.0
7	18	42.8333	771.0
8	12	5.75	69.0
9	8	22.375	179.0
11	1	60.0	60.0
12	1	1.0	1.0
15	3	5.0	15.0
16	4	3.5	14.0
18	1	2.0	2.0
Total	56	20.9107	1171.0

Agosto

Col_20	Count	Average	Sum
4	1	10.0	10.0
6	2	2.0	4.0
7	5	59.8	299.0
8	3	10.6667	32.0
9	6	8.16667	49.0
11	1	2.0	2.0
15	3	2.0	6.0
22	1	3.0	3.0
Total	22	18.4091	405.0

Septiembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	20.0	20.0
2	3	5.33333	16.0
4	4	9.75	39.0
5	2	2.5	5.0
6	8	23.375	187.0
7	9	54.4444	490.0
8	11	63.3636	697.0
9	7	13.1429	92.0
10	1	3.0	3.0
11	2	4.5	9.0
12	1	1.0	1.0
15	8	8.375	67.0
17	4	1.75	7.0
18	1	2.0	2.0
21	1	3.0	3.0

22	1	1.0	1.0
Total	64	25.6094	1639.0

#### Octubre

Col_20	Count	Average	Sum
2	1	3.0	3.0
6	1	11.0	11.0
7	5	16.0	80.0
8	6	27.6667	166.0
9	3	3.0	9.0
15	2	2.0	4.0
16	1	87.0	87.0
18	1	1.0	1.0
22	1	1.0	1.0
Total	21	17.2381	362.0

#### Noviembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	4.0	4.0
6	1	2.0	2.0
7	3	75.6667	227.0
8	2	3.5	7.0
9	2	2.5	5.0
11	1	1.0	1.0
16	2	12.0	24.0
Total	12	22.5	270.0

#### Diciembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	13.0	13.0
5	1	2.0	2.0
6	3	4.0	12.0
7	6	61.6667	370.0
8	1	3.0	3.0
9	2	2.0	4.0
10	1	1.0	1.0
11	1	3.0	3.0
15	1	80.0	80.0
16	1	2.0	2.0
17	1	1.0	1.0
Total	19	25.8421	491.0

Enero

Col_20	Count	Average	Sum
6	2	1.0	2.0
7	4	23.5	94.0
8	1	1.0	1.0
9	5	31.2	156.0
15	3	10.3333	31.0
17	1	42.0	42.0
18	1	1.0	1.0
Total	17	19.2353	327.0

Febrero

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	149.5	299.0
5	1	2.0	2.0
6	5	3.0	15.0
7	6	35.8333	215.0
8	6	10.8333	65.0
9	6	6.66667	40.0
11	1	1.0	1.0
15	3	2.66667	8.0
16	3	3.33333	10.0
18	1	8.0	8.0
22	1	2.0	2.0
Total	35	19.0	665.0

Marzo

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	20.0	20.0
2	1	1.0	1.0
6	3	1.33333	4.0
7	7	47.8571	335.0
8	4	22.0	88.0
9	5	4.6	23.0
12	1	1.0	1.0
15	3	44.6667	134.0
16	1	1.0	1.0
Total	26	23.3462	607.0

Abril

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	105.0	105.0
2	1	4.0	4.0
6	2	2.5	5.0
7	3	41.3333	124.0
8	1	2.0	2.0
9	3	1.0	3.0
10	1	11.0	11.0
11	1	5.0	5.0
12	1	1.0	1.0
15	1	8.0	8.0
17	1	1.0	1.0
18	1	1.0	1.0
20	2	22.5	45.0
Total	19	16.5789	315.0

Mayo

Col_20	Count	Average	Sum
6	2	2.0	4.0
7	4	34.75	139.0
8	4	13.0	52.0
9	2	7.5	15.0
15	2	18.0	36.0
16	2	5.0	10.0
17	1	41.0	41.0
Total	17	17.4706	297.0

Junio

No hay

## Epazote general

Col_20	Count	Average	Sum
1	12	61.1667	734.0
2	6	4.0	24.0
4	6	9.0	54.0
5	4	2.25	9.0
6	33	8.60606	284.0
7	70	44.9143	3144.0
8	51	23.1765	1182.0
9	49	11.7347	575.0
10	3	5.0	15.0
11	8	10.125	81.0
12	4	1.0	4.0
15	29	13.4138	389.0
16	14	10.5714	148.0
17	8	11.5	92.0
18	6	2.5	15.0
20	2	22.5	45.0
21	1	3.0	3.0
22	4	1.75	7.0
Total	310	21.9516	6805.0



## Base de datos para el Moctezuma

Agosto

Col_20	Count	Average	Sum
6	1	1.0	1.0
7	5	46.2	231.0
8	4	9.25	37.0
9	1	6.0	6.0
10	1	1.0	1.0
11	1	4.0	4.0
15	2	33.5	67.0
20	1	1.0	1.0
Total	16	21.75	348.0

Septiembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	26.0	26.0
6	2	156.0	312.0
7	1	1.0	1.0
9	1	1.0	1.0
Total	5	68.0	340.0

Noviembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	14.5	29.0
6	1	1.0	1.0
7	4	15.25	61.0
8	1	2.0	2.0
15	1	6.0	6.0
17	1	2.0	2.0
Total	10	10.1	101.0

Diciembre

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	2.0	2.0
5	1	2.0	2.0
6	1	8.0	8.0
7	5	48.4	242.0
8	4	4.75	19.0
9	2	2.5	5.0
11	2	1.0	2.0
15	4	127.5	510.0
16	2	2.0	4.0
17	2	12.0	24.0
Total	24	34.0833	818.0

Enero

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	21.0	21.0
5	1	1.0	1.0
6	2	5.5	11.0
7	2	7.0	14.0
8	3	38.0	114.0
9	3	2.33333	7.0
15	3	23.0	69.0
16	1	2.0	2.0
Total	16	14.9375	239.0

Febrero

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	16.5	33.0
5	2	1.5	3.0
6	4	18.5	74.0
7	6	78.5	471.0
8	5	7.0	35.0
9	5	5.2	26.0
11	1	3.0	3.0
12	1	1.0	1.0
14	1	1.0	1.0
15	4	20.75	83.0
17	1	15.0	15.0
18	1	14.0	14.0
22	1	4.0	4.0
Total	34	22.4412	763.0

Marzo

Col_20	Count	Average	Sum
6	2	2.5	5.0
7	3	20.0	60.0
8	2	23.5	47.0
9	2	6.0	12.0
15	1	3.0	3.0
16	1	2.0	2.0
17	1	14.0	14.0
Total	12	11.9167	143.0

Abril

Col_20	Count	Average	Sum
4	1	1.0	1.0
7	1	10.0	10.0
8	1	3.0	3.0
9	1	1.0	1.0
11	1	3.0	3.0
15	3	36.6667	110.0
17	2	7.0	14.0
Total	10	14.2	142.0

Mayo

Col_20	Count	Average	Sum
1	2	5.0	10.0
6	1	5.0	5.0
7	3	39.6667	119.0
9	4	6.0	24.0
12	1	1.0	1.0
15	2	444.0	888.0
16	1	3.0	3.0
17	2	15.0	30.0
Total	16	67.5	1080.0

Junio

Col_20	Count	Average	Sum
1	1	266.0	266.0
8	2	9.5	19.0
9	2	1.0	2.0
11	1	7.0	7.0
15	1	21.0	21.0
16	3	20.6667	62.0
17	1	3.0	3.0
18	1	4.0	4.0
Total	12	32.0	384.0

### Moctezuma general

Col 20	Count	Average	Sum
1	10	38.7	387.0
4	1	1.0	1.0
5	4	1.5	6.0
6	14	29.7857	417.0
7	30	40.3	1209.0
8	22	12.5455	276.0
9	21	4.0	84.0
10	1	1.0	1.0
11	6	3.16667	19.0
12	2	1.0	2.0
14	1	1.0	1.0
15	21	83.6667	1757.0
16	8	9.125	73.0
17	10	10.2	102.0
18	2	9.0	18.0
20	1	1.0	1.0
22	1	4.0	4.0
Total	155	28.1161	4358.0

### Base de datos para el río Tecozautla después de la represa

Julio

ordenes	Count	Average	Sum
1	1	35.0	35.0
5	1	1.0	1.0
6	3	14.6667	44.0
7	6	19.5	117.0
8	4	4.0	16.0
9	4	1.75	7.0
11	1	3.0	3.0
15	4	109.0	436.0
16	2	8.0	16.0
17	1	28.0	28.0
18	2	7.5	15.0
Total	29	24.7586	718.0

Agosto

Ordenes	Count	Average	Sum
1	2	7.0	14.0
6	3	3.0	9.0
7	14	15.9286	223.0
8	1	5.0	5.0
9	7	6.71429	47.0
11	2	5.0	10.0
12	1	3.0	3.0
15	2	2.0	4.0
16	1	11.0	11.0
22	1	1.0	1.0
Total	34	9.61765	327.0

Septiembre

Ordenes	Count	Average	Sum
2	1	36.0	36.0
7	1	13.0	13.0
8	3	42.0	126.0
9	4	3.25	13.0
15	3	12.6667	38.0
16	1	1.0	1.0
17	2	14.5	29.0
Total	15	17.0667	256.0

Descripción ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos: anexo

Octubre

Ordenes	Count	Average	Sum
2	1	1103.0	1103.0
7	3	210.667	632.0
8	3	41.3333	124.0
15	2	9.0	18.0
Total	9	208.556	1877.0

Diciembre

Ordenes	Count	Average	Sum
2	3	7.33333	22.0
6	5	3.2	16.0
7	5	78.2	391.0
8	4	106.75	427.0
9	6	5.16667	31.0
15	3	7.33333	22.0
16	1	4.0	4.0
17	2	7.0	14.0
Total	29	31.9655	927.0

Enero

Ordenes	Count	Average	Sum
5	2	1.5	3.0
6	2	8.5	17.0
7	3	7.66667	23.0
8	1	7.0	7.0
9	2	5.5	11.0
15	1	10.0	10.0
18	3	12.3333	37.0
Total	14	7.71429	108.0

Febrero

Ordenes	Count	Average	Sum
2	2	13.0	26.0
5	1	6.0	6.0
6	4	26.0	104.0
7	5	67.6	338.0
8	7	29.0	203.0
9	6	18.5	111.0
11	3	6.0	18.0
15	4	22.5	90.0
16	1	2.0	2.0
18	1	51.0	51.0
19	3	1.33333	4.0
20	1	2.0	2.0
Total	38	25.1316	955.0

Descripción ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos: anexo

Marzo

Ordenes	Count	Average	Sum
6	2	1.5	3.0
7	4	9.5	38.0
8	2	1.5	3.0
9	1	8.0	8.0
11	1	1.0	1.0
15	3	2.66667	8.0
16	1	8.0	8.0
Total	14	4.92857	69.0

Abril

Ordenes	Count	Average	Sum
2	2	1121.5	2243.0
5	1	1.0	1.0
6	4	11.75	47.0
7	6	46.5	279.0
8	5	14.8	74.0
9	5	14.2	71.0
11	1	1.0	1.0
12	1	1.0	1.0
15	4	21.75	87.0
16	2	15.0	30.0
17	2	88.0	176.0
18	1	2.0	2.0
Total	34	88.5882	3012.0

Mayo

Ordenes	Count	Average	Sum
6	1	1.0	1.0
7	4	65.75	263.0
8	5	5.4	27.0
9	3	1.0	3.0
12	1	1.0	1.0
15	2	1.5	3.0
16	1	1.0	1.0
17	3	174.333	523.0
18	1	18.0	18.0
Total	21	40.0	840.0

Descripción ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos: anexo

Junio

Ordenes	Count	Average	Sum
1	1	232.0	232.0
6	3	7.66667	23.0
7	2	58.0	116.0
8	1	126.0	126.0
9	1	1.0	1.0
15	2	11.5	23.0
16	4	7.0	28.0
17	2	38.0	76.0
18	2	29.5	59.0
Total	18	38.0	684.0

Tecoautla después de la represa general

Ordenes	Count	Average	Sum
1	4	70.25	281.0
2	9	381.111	3430.0
5	5	2.2	11.0
6	27	9.77778	264.0
7	53	45.9057	2433.0
8	36	31.6111	1138.0
9	39	7.76923	303.0
11	8	4.125	33.0
12	3	1.66667	5.0
15	30	24.6333	739.0
16	14	7.21429	101.0
17	12	70.5	846.0
18	10	18.2	182.0
19	3	1.33333	4.0
20	1	2.0	2.0
22	1	1.0	1.0
Total	255	38.3255	9773.0



## Base de datos para el río Tecozautal antes de la represa.

Julio

Órdenes	Count	Average	Sum
2	1	5.0	5.0
5	1	1.0	1.0
6	6	4.16667	25.0
8	12	72.4167	869.0
9	2	3.0	6.0
10	5	8.4	42.0
11	1	1.0	1.0
13	2	81.5	163.0
17	4	26.75	107.0
18	2	66.5	133.0
19	4	2.75	11.0
21	1	48.0	48.0
23	1	1.0	1.0
Total	45	31.4889	1412.0

Agosto

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	1.0	1.0
2	3	52.6667	158.0
4	2	75.0	150.0
6	9	9.11111	82.0
8	7	32.5714	228.0
9	6	5.83333	35.0
10	5	5.8	29.0
13	3	2.66667	8.0
17	3	3.0	9.0
18	3	53.3333	160.0
24	1	8.0	8.0
Total	46	18.9348	868.0

Septiembre

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	41.0	41.0
2	2	20.5	41.0
6	2	1.0	2.0
8	2	31.0	62.0
9	2	1.5	3.0
10	3	10.0	30.0
14	1	1.0	1.0
17	3	10.0	30.0
18	1	3.0	3.0
20	2	1.5	3.0
21	2	1.0	2.0
Total	22	10.0455	218.0

Octubre

Órdenes	Count	Average	Sum
6	3	3.0	9.0
9	1	1.0	1.0
10	1	4.0	4.0
17	1	1.0	1.0
Total	7	6.42857	15.0

Diciembre

Órdenes	Count	Average	Sum
17	2	2.5	5.0
18	1	25.0	25.0
Total	4	7.75	30.0

Enero

Órdenes	Count	Average	Sum
8	1	175.0	175.0
12	1	4.0	4.0
20	1	1.0	1.0
Total	3	60.0	180.0

Febrero

Órdenes	Count	Average	Sum
4	1	6.0	6.0
8	2	157.0	314.0
10	1	2.0	2.0
17	1	3.0	3.0
19	3	33.6667	101.0
Total	8	53.25	426.0

Marzo

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	5.0	5.0
2	1	328.0	328.0
6	3	3.33333	10.0
8	13	102.538	1333.0
9	2	65.0	130.0
10	4	3.25	13.0
13	2	3.5	7.0
17	1	82.0	82.0
21	2	2.0	4.0
Total	29	65.931	1912.0

### Diciembre

Órdenes	Count	Average	Sum
7	2	2.5	5.0
8	1	17.0	17.0
9	2	13.5	27.0
11	1	1.0	1.0
16	1	160.0	160.0
Total	7	30.0	210.0

### Enero

Órdenes	Count	Average	Sum
7	1	1.0	1.0
8	2	25.5	51.0
15	1	1.0	1.0
Total	4	13.25	53.0

### Febrero

Órdenes	Count	Average	Sum
7	3	4.0	12.0
9	2	5.0	10.0
11	2	1.0	2.0
21	1	6.0	6.0
Total	8	3.75	30.0

### Marzo

Órdenes	Count	Average	Sum
7	1	378.0	378.0
8	1	42.0	42.0
11	1	2.0	2.0
12	1	1.0	1.0
15	1	4.0	4.0
20	1	20.0	20.0
Total	6	74.5	447.0

### Tolimán general

Órdenes	Count	Average	Sum
1	4	54.0	216.0
2	1	1.0	1.0
5	1	1.0	1.0
6	3	9.0	27.0
7	17	45.5882	775.0
8	8	31.25	250.0
9	13	19.2308	250.0
11	4	1.25	5.0
12	1	1.0	1.0
15	5	26.8	134.0
16	6	29.8333	179.0
18	1	12.0	12.0
20	2	20.0	40.0
21	5	86.0	430.0
Total	71	32.6901	2321.0

### Mayo

ordenes	Count	Average	Sum
Moluscos	2	24.0	48.0
anelidos	1	69.0	69.0
anfipodo	1	37.0	37.0
coleoptero	1	32.0	32.0
diptero	1	112.0	112.0
efemero	1	20.0	20.0
hemiptero	1	4.0	4.0
homoptero	1	3.0	3.0
odonato	1	93.0	93.0
planaria	1	1.0	1.0
Total	12	35.1667	419.0

### Junio

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	1.0	1.0
2	1	10.0	10.0
5	1	3.0	3.0
6	2	3.0	6.0
8	3	51.3333	154.0
9	2	4.5	9.0
10	4	6.5	26.0
13	3	5.33333	16.0
14	1	1.0	1.0
17	5	55.6	278.0
18	4	26.0	104.0
19	3	2.0	6.0
21	1	1.0	1.0
Total	36	17.8333	615.0

### Río Tecozautla antes de la represa

Órdenes	Count	Average	Sum
1	4	12.0	48.0
2	8	67.75	542.0
4	3	52.0	156.0
5	2	2.0	4.0
6	25	5.36	134.0
8	40	78.375	3135.0
9	15	12.2667	184.0
10	23	6.34783	146.0
11	1	1.0	1.0
12	1	4.0	4.0
13	10	19.4	194.0
14	2	1.0	2.0
17	21	25.5238	536.0
18	11	38.6364	425.0
19	10	11.8	118.0
20	3	1.33333	4.0
21	6	9.16667	55.0
23	1	1.0	1.0
24	1	8.0	8.0
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>31.0816</b>	<b>6092.0</b>

Base de datos para el Arroyo Toliman  
Julio

Órdenes	Count	Average	Sum
1	2	5.5	11.0
2	1	1.0	1.0
5	1	1.0	1.0
7	2	30.5	61.0
8	1	4.0	4.0
9	3	54.6667	164.0
15	1	11.0	11.0
16	1	1.0	1.0
Total	12	21.1667	254.0

Agosto

Órdenes	Count	Average	Sum
6	1	17.0	17.0
7	1	11.0	11.0
15	1	66.0	66.0
20	1	20.0	20.0
Total	4	28.5	114.0

Septiembre

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	204.0	204.0
6	1	6.0	6.0
7	3	44.0	132.0
8	2	24.0	48.0
9	4	5.75	23.0
16	1	10.0	10.0
18	1	12.0	12.0
21	4	106.0	424.0
Total	17	50.5294	859.0

Noviembre

Órdenes	Count	Average	Sum
1	1	1.0	1.0
6	1	4.0	4.0
7	4	43.75	175.0
8	1	88.0	88.0
9	2	13.0	26.0
15	1	52.0	52.0
16	3	2.66667	8.0
Total	13	27.2308	354.0