



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**“Espectro trófico de *Chiostoma  
humboldtianum*, en las presas Tepuxtepec,  
Michoacán y Villa Victoria, Estado de México,  
durante 2007”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO  
PRESENTA:**

**AQUILINA JIMÉNEZ BASILIO**



Director: Dr. Antonio Valencia Hernández

México D. F., Junio del 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICADO A

A mi Madre, gracias por todo mamá.

A los kinderguardianos: Ruth, Gamaliel, Natanael, Elias, Josue y Samuel. A Gamaliel E.

A Rubén (Many-cacahuate) gracias por tu apoyo, comprensión y paciencia.

In memoriam † en donde sea que estés, voy a recordarte siempre.

A todo *Homo sapiens sapiens* que de cualquier forma protagonice mi vida haya o no creído en mi.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO** por darme la oportunidad de estudiar, la biología es lo mejor que me ha pasado.

A mi director de Tesis, Dr. Antonio Valencia Hernández a quién admiro y respeto, gracias por todo.

A **UNIVERSUM MUSEO** de las CIENCIAS, por la oportuna beca.

A mis sinodales Biól. Angélica E. González Schaff, Dr. Guillermo A. Blancas Arroyo, Dr. Isaías H. Salgado Ugarte y M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo por sus acertadas correcciones y sugerencias.

A mis amigos sólo por serlo, especialmente, a los del L-302, Héctor, Armando, Raúl y a los de la carrera: Elva, Sergio, Julio, Diana, Tania, Arath, Laura, Mary, Eleane, Araceli y Carlitos. Voy a extrañarlos.

**“A Veces creo que hay vida en otros planetas, a veces creo que no. En cualquiera de los dos casos la conclusión es asombrosa”.**

**Carl Sagan**

**“Cada criatura al nacer, nos trae el mensaje de que Dios todavía no pierde la esperanza en los hombres”.**

**Tagore Rabindranath Thakur**

## Contenido

Resumen.....	3
Introducción.....	5
Antecedentes.....	5
Género.....	9
Especie.....	10
Sitios de estudio.....	12
Métodos para el análisis cuantitativo del tracto digestivo de peces.....	16
Marco teórico.....	20
Planteamiento del problema y justificación del estudio.....	20
Elección del número de peces.....	20
Exploración previa del contenido estomacal.....	22
Método de conteo.....	23
Cámara Neubauer o hematocitómetro. ....	24
Método estadístico.....	24
Objetivos.....	25
Objetivos generales.....	25
Objetivos particulares.....	26
Método.....	26
Obtención de organismos.....	26
Selección de clases de talla.....	26
Procesamiento de muestras.....	27
Conteo de componentes.....	28
Obtención de resultados y análisis estadístico.....	29
Resultados.....	31

Listado de organismos encontrados en muestras de agua y tracto digestivo de <i>C. humboldtianum</i> de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.....	31
Comparación del contenido en el total de tractos digestivos de <i>C. humboldtianum</i> proveniente de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.....	35
Comparación de items detectados en el tracto digestivo de <i>C. humboldtianum</i> , entre clases de talla de las localidades Tepuxtepec y Villa Victoria.....	39
Variación del contenido en el tracto digestivo entre muestreos.....	43
Comparación mensual de items contenidos en muestras de agua y tracto digestivo de <i>Chirostoma humboldtianum</i> de la clase de talla 9 en los dos sitios de estudio....	49
Análisis y discusión de resultados.....	53
Comparación del total de items entre Villa Victoria y Tepuxtepec.....	53
Variación de la cantidad de items por clases de talla de Tepuxtepec.....	54
Variación de la cantidad de items por clases de talla de Villa Victoria.....	55
Comparación de la cantidad de items por meses de muestreo para Tepuxtepec.....	56
Comparación de la cantidad de items por meses de muestreo para Villa Victoria.....	57
Comparación entre la cantidad de items del tracto digestivo y las muestras de agua de la presa Tepuxtepec. ....	57
Comparación entre la cantidad de items del tracto digestivo y las muestras de agua de la presa Villa Victoria. ....	58
Conclusiones.....	60
Sugerencias.....	61
Bibliografía.....	62

## Resumen

El género *Chirostoma* es de origen marino e invadió las aguas dulces al emerger la meseta central mexicana. Se divide en dos grupos: el grupo Jordani y el grupo Arge. Las especies del género *Chirostoma* están restringidas a la parte sur de la meseta central de México y constituían el 25% de la fauna íctica. El género está compuesto por 18 especies y 6 subespecies (Barbour, 1973a). *Chirostoma humboldtianum* tiene importancia económica y alimentaria y pertenece al grupo de los peces blancos, los cuales alcanzan las mayores tallas dentro del género *Chirostoma*.

La variabilidad morfométrica de la especie es evidente al menos en las presas Tepuxtepec, Michoacán y Villa Victoria, Estado de México, ya que se han detectado diferencias importantes de tamaño. Dada la importancia biológica, alimentaria y económica de la especie, es necesario conocer sus características biológicas para un manejo óptimo.

El presente estudio surge de la necesidad de aportar información en torno a la existencia de diferencias morfométricas entre las poblaciones de las presas Tepuxtepec, Michoacán y Villa Victoria, Estado de México, siguiendo la hipótesis de que tales diferencias obedecen a diferencias en sus hábitos alimentarios. Hasta el momento se reportan varios trabajos sobre el espectro trófico de esa especie, sin embargo no se encuentran estudios que contribuyan a explicar las diferencias morfométricas detectadas en distintos cuerpos de agua.

Para el estudio se contemplaron la localidad, clases de talla, temporalidad y disponibilidad de alimento como factores descriptores. Los peces se capturaron con una red tipo chinchorro playero de 100 m de longitud, 1.5 m de altura y luz de malla de 1 cm y fueron fijados en formol al 4%. Las muestras de agua se colectaron con botellas, fijándose con formol al 4%. Los conteos de items se hicieron mediante una variante del método numérico, utilizando una cámara Neubauer y un microscopio óptico.

El análisis comparativo por localidad mostró que en ambas presas el grupo ó item mayormente ingerido es cladoceros con 52.04% para Tepuxtepec y 61.14% para Villa Victoria, siendo *Daphnia sp.* el cladóceros dominante de Tepuxtepec y *Bosmina sp.* el cladóceros dominante de Villa Victoria. Se detectaron ocho items para Tepuxtepec y siete para Villa Victoria. Se registraron cinco clases de talla en tepuxtepec (clases 5, 7, 9, 11 y 13) y cuatro en Villa Victoria (3, 5, 7 y 9), donde cladóceros nuevamente fue el item más ingerido, excepto por la clase de talla 3 de Villa Victoria que mostró preferencia por copépodo ciclopoideo. Se muestrearon seis meses para cada sitio de estudio durante los



cuales cladóceros fue el item de mayor ingesta. En clases de talla y comparación mensual se encontró sustitución de un item por otro, ambos de origen animal. El cotejo entre el contenido alimentario del tracto digestivo y del medio acuático indicó que *C. humboldtianum* no se alimenta en función de la disponibilidad de alimento, mientras que sus presas preferentes son los cladóceros y su alimento secundario es copépodo ciclopoideo. Dada su preferencia por los cladóceros y por el hecho de que el cladócero dominante en Villa Victoria es *Bosmina sp.*, el cual es menor en volumen que el de Tepuxtepec (*Daphnia sp.*), por volumen y posiblemente por contenido nutricional, las mejores condiciones alimentarias de la población de Tepuxtepec contribuyen a explicar las diferencias en talla entre ambas poblaciones.

## Introducción

### Antecedentes

Los siguientes son estudios sobre hábitos alimentarios realizados con *Chirostoma humboldtianum* tanto en la zona de estudio como en regiones del mismo sistema hidrológico:

Navarrete y Chazaro (1987), estudiaron el espectro trófico de *C. humboldtianum* en un ciclo anual en el embalse San Felipe Tiacaque, concluyendo que durante el invierno, a tallas pequeñas (2.0 a 8.0 cm), *C. humboldtianum* se alimenta de zooplancton (*Bosmina sp.*, *Daphnia sp.* y copépodos ciclopoideos) y a tallas mayores basa su alimentación en larvas de insectos quironómidos, corixidos y efemerópteros además de huevos y larvas de su misma especie. En primavera las tallas pequeñas, consumen principalmente los géneros *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, *Bosmina* y larvas de quironómidos; los ejemplares mayores de 8 cm se alimentan de organismos pequeños de su propia especie, de *Cambarellus montezumae* (acocil) e insectos de la familia *Corixidae*. Para el verano el alimento más importante para todas las tallas es *Ceriodaphnia sp.* y complementan su alimentación las tallas de 2 a 8 cm con *Bosmina sp.* y copépodos ciclopoideos. Las tallas mayores de 8 cm también consumen insectos de la familia *Chironomidae*, *Corixidae* y sus propios huevos y larvas. En el otoño se alimentan de nuevo con *Ceriodaphnia sp.* la cual constituye el principal alimento para tallas grandes y pequeñas. Las tallas de 2 a 12 cm complementan su alimentación con los géneros *Daphnia*, *Bosmina* y *Diaptomus*; los de talla mayor a 12 cm consumen exclusivamente zoobentos como corixidos y efemerópteros.

Figuroa *et al.* (1993), estudiaron los hábitos alimentarios de *C. humboldtianum* en la Presa Las Tazas, Estado de México, determinando que su dieta se conforma de 19 especies incluidas en seis grupos alimentarios que en orden de importancia son: cladóceros, anfípodos, copépodos, insectos, peces y rotíferos. En este trabajo se ubica a la especie como zooplanctófaga, cuyas diferencias alimentarias se deben a la época del año (lluvias y secas) y no al sexo o la talla.

Varela *et al.* (1993), introdujeron peces de la especie *C. humboldtianum* del embalse Tiacaque en estanques que contenían agua del canal de Xochimilco, para estudiar sus hábitos alimentarios. Concluyeron que los machos seleccionan *Daphnia*, *Ceriodaphnia* y *Limnocalanus* para alimentarse, mientras que los géneros *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, *Hyaella* y *Tellebasis*, se consumen por cualquier talla y en proporciones similares.

En su estudio selección del plancton por peces del género *Chirostoma*, Sánchez (1995) menciona que la especie *C. humboldtianum* del embalse Danxhó realiza una depredación selectiva sobre *Bosmina* y *Daphnia*, mientras que en el embalse Tiacaque selecciona los géneros *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, *Bosmina*, *Alona*, *Diaptomus*, *Cyclops* y *Keratella*. De acuerdo a Sánchez *op cit.*, los componentes de la dieta de *C. humboldtianum* varían en función de la talla del pez y de la disponibilidad de los grupos alimenticios en el ambiente.

Según Suarez (1997), en la presa Villa Victoria, *C. humboldtianum* condiciona su alimento al tamaño de sus presas. Los más pequeños adaptan sus hábitos alimentarios con base en la abundancia y disponibilidad de alimento, ingieren cladóceros, copépodos y ocasionalmente larvas de insectos. En tanto que organismos de tallas superiores a los 9 cm contienen en sus estómagos presas más grandes y abundantes como insectos acuáticos, sin dejar de consumir copépodos y cladóceros. Su comportamiento trófico tiende a ser carnívoro, capturando a crías de peces y ocasionalmente algún acocil (*Cambarellus sp.*). En este estudio se ubica a la especie como zooplanctófaga facultativa en sus primeros estadios y como carnívora a tallas mayores.

Rivera (2005), determinó los efectos del tipo, color y talla de las presas en la preferencia alimentaria de *C. humboldtianum* a lo largo de su desarrollo ontogénico y bajo condiciones de laboratorio, así como la relación existente entre la abertura bucal respecto a las longitudes total y cefálica y si esta relación interfiere en la preferencia del alimento. El concluyó que *C. humboldtianum*, muestra preferencia por el tipo de alimento que consume y que dicha preferencia cambia en función del tamaño y/o edad del pez, también encontró que los peces pequeños de esta especie se alimentan de organismos que no presentan exoesqueleto y son de movimientos lentos y definidos, mientras que los de mayor edad prefieren presas de cuerpo vermiforme y movimientos pulsátiles. *C. humboldtianum* prefiere ingerir organismos de apariencia colorida, por lo que utiliza su vista para capturar a sus presas. La preferencia por el tamaño de la presa, está directamente relacionada con la abertura bucal del pez, es decir *C. humboldtianum* consume en mayor cantidad presas cuyo tamaño es más accesible al tamaño de su boca, sin excluir presas de menor tamaño. El autor menciona en su estudio, que el mecanismo principal de captura de *C. humboldtianum* es por succión e incluye el rechazo y la manipulación.

Navarrete *et al.* (2006), encontraron para *C. humboldtianum* del Embalse San Miguel Arco que a tallas pequeñas basa su alimentación en *Bosmina sp.* y *Daphnia sp.*; a tallas grandes, se alimenta de *Ceriodaphnia sp.*, además de *Bosmina sp.* y *Daphnia sp.* En dicho embalse *C. humboldtianum* prefiere temperaturas de 19 °C a 25 °C y concentraciones de Oxígeno que van de 6.7 mg/L a 7.5 mg/L.

Rodríguez (2006), estudió el espectro trófico de *C. humboldtianum*, en el estanque Jesús Cruz ubicado en Soyaniquilpan, Estado de México. Este autor reportó, que el pez consumió en total 21 tipos de organismos. Del zooplancton encontró rotíferos, cladóceros y copépodos. Del zoobentos insectos como ninfas de corixidos y larvas de quironómidos, tricópteros y coleópteros. También encontró organismos que caen accidentalmente al estanque como dípteros e himenopteros (una hormiga y una avispa) adultos. Esta especie muestra una marcada preferencia por organismos zooplanctónicos en sus primeros intervalos de talla (3.0 – 4.2 cm) con tendencias zoobentofagas en sus tallas más grandes (4.3 a 6.0 cm).

Navarrete *et al.* (2007), clasificaron a la especie *C. humboldtianum*, como zooplanctófago generalista en el embalse San Miguel Arco de Soyaniquilpan, Estado de México, ya que encontraron que este pez se alimenta de 16 grupos: crustáceos como *Leptodiptomus sp.*, *Bosmina sp.*, *Eucyclops sp.*, *Daphnia sp.*, *Moina sp.*, *Diaphanosoma sp.*, *Alona sp.* copepodito y larva nauplio; insectos efímeros como quironómidos; rotíferos como *Brachionus sp.*; y algas como *Microcystis sp.*, aunque prefiere ingerir los géneros *Bosmina* y *Leptodiptomus*.

Armendáriz *et al.* (2008) clasifica a *C. humboldtianum* del mismo embalse (San Miguel Arco, de Soyaniquilpan), como zooplanctónico especialista, argumentando que este pez, basa su alimentación de *Bosmina sp.* y *Mastigodiptomus sp.* (zooplanctónico), de zooplancton principalmente de los géneros *Daphnia*, *Bosmina*, *Ceriodaphnia* y de un copépodo diatómico en estado juvenil (especialista), sin embargo, Armendáriz *et al.* mencionan que *C. humboldtianum* se alimenta de veinticinco subgrupos pertenecientes a los grupos: copépodos, cladóceros, rotíferos, microalgas y pastos.

Los siguientes son trabajos que involucran a la especie, o bien al tema ó a la zona:

Núñez *et al.* (2003), realizaron un estudio con el fin de observar la sobrevivencia de larvas de *C. humboldtianum* en el lago Metztitlán ya que cuenta con la calidad de agua requerida por los peces blancos. Los bioensayos se realizaron con cuatro diferentes mezclas de agua: 1) 100% agua de Metztitlán, 2) 100% agua de PEXPA (Planta Experimental de Producción Acuícola), 3) 75% agua de Metztitlán y 25% de agua destilada y 4) 50% agua de Metztitlán y 50% agua destilada. Concluyeron que es posible la introducción de este pez en cuerpos de agua de la meseta central de México.

En el lago de Pátzcuaro Alaye (1993), hizo una revisión sistematizada de las especies del género *Chirostoma* existentes, mientras que Soria y Paulo (2005), compararon la forma del aparato mandibular entre cuatro especies de este género con el fin de diagnosticar caracteres del aparato mandibular que las diferenciaron y Vega *et al.* (2004), investigaron

sobre el balance energético determinando la eficiencia con la cual *C. estor estor*, utiliza su energía obtenida a partir de alimento comercial.

Respecto a estudios que describen la morfología de ovarios y testículos de *C. humboldtianum* se encuentran Moncayo *et al.* (1993) y Uria *et al.* (1998). El primer trabajo realizado en el Embalse Huapango Estado de México, se refiere a la morfología externa e interna de ovarios y su ciclo de madurez, en el se menciona que el pez posee ovarios asincrónicos (las gónadas contienen células en todos los estadios de desarrollo), que su época de reproducción es amplia y los desoves parciales. El segundo es un estudio sobre la estructura histológica y anatómica del testículo respecto a su edad y época del año, los autores mencionan que los testiculos son órganos pares alargados compactos, se encuentran localizados en la región dorsal de la cavidad abdominal, conforme se desarrollan cubren al tubo digestivo y llegan a ocupar la mayor parte de la cavidad abdominal, anatómicamente son de aspecto lanceolado, contorno irregular, consistencia flexible y suave, en los estadios de madurez II al V son de color blanco ligeramente cremoso.

Islas y Villagomez (1999), evaluaron el crecimiento en tiempo, las características poblacionales básicas, así como, la época y talla reproductiva de este pez en la presa Villa Victoria. Entre otras cosas encontraron que hembras y machos presentan tallas iguales, este pez se reproduce durante todo el año pero la intensidad de reproducción se eleva (ocurre un periodo masivo) de enero a julio y presenta crecimiento corporal alométrico positivo.

En su estudio sobre la estructura histológica del tracto digestivo de *C. humboldtianum* en estadio larvario Meza *et al.* (2002), aseguran que a los cuatro días de su eclosión la larva presenta una mandíbula bien desarrollada siendo capaz de ingerir su alimento el cual puede ser digerido y asimilado por los órganos que a esa edad ya se encuentran bien diferenciados.

Meza y Figueroa (2002), sugieren que la alimentación de las larvas de *C. humboldtianum* es por succión así mismo el tamaño del alimento ingerido depende de estructuras asociadas al aparato bucal, abertura bucal y conducta alimentaria esto, después de alimentar a larvas de esta especie con rotíferos.

Del Rio (2004), determinó el efecto de la densidad en el crecimiento y sobrevivencia de larvas de *C. humboldtianum* desde el inicio de la alimentación exógena hasta la metamorfosis a juvenil bajo condiciones controladas, concluyendo que cuando la densidad de larvas es alta se presenta un menor porcentaje de sobrevivencia de estas,

mientras que cuando la densidad disminuye el porcentaje de sobrevivencia es mayor mostrando un mayor crecimiento en su longitud y peso.

Blancas *et al.* (2004), mencionan que a 19.8 °C y 12 horas luz/12 horas oscuridad, aumenta el número de frezas y de huevos de *C. humboldtianum* en un tiempo relativamente corto, por lo que son condiciones óptimas para controlar su reproducción. Durante el estudio el alimento para éste pez consistió en: 21% de peces pequeños de la familia Poeciliidae (*Poeciliopsis gracili* y *Poecilia butleri*), 5% de *Artemia franciscana* enriquecida con ácidos grasos y Omega-3, 9% de cladóceros (*Daphnia pulex*, *Daphnia magna* y *Moina sp.*), 63% de *Limnodrillus sp.* y 2% de larvas de quironómidos.

Altamirano *et al.* (2005), evaluaron la sensibilidad de *C. humboldtianum* a la toxicidad de metales pesados utilizando embriones *in vitro* y Cloruro de Cadmio. La especie resultó ser confiable para estudios de toxicidad en su estado larvario. En este estudio se menciona que el desarrollo embrionario de *C. humboldtianum*, dura aproximadamente de 215 a 220 horas.

En un estudio microbiológico referente a la resistencia a antibióticos y metales pesados que presentan bacterias de *Aeromonas hydrophila*, mismas que se alojan en el tracto gastrointestinal de *C. humboldtianum* del Embalse San Felipe Tiacaque. Paniagua *et al.* (2006), afirman que esta bacteria puede ser transmitida al ser humano una vez que consume al pez e indican que la bacteria es resistente a metales pesados y antibióticos como penicilina, por lo que constituye un importante riesgo para la salud humana.

Blancas (2007), clasifica a la especie como sincrónica e indica que las hembras inician sus desoves a la edad de un año al realizar la descripción histológica de ovarios y analizar el primer ciclo reproductivo de hembras de *C. humboldtianum*.

Gutiérrez (2009), estudió la morfometría de *C. humboldtianum* de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria aportando información sobre diferencias morfométricas entre las poblaciones de estos dos sitios. Este autor estimó la forma geométrica básica de *C. humboldtianum* de estos dos cuerpos de agua, mediante landmarks. En su estudio concluye que debido a que esta especie posee una forma corporal más elongada en Villa Victoria que en Tepuxtepec, está mejor adaptada al clima frío de Villa Victoria, mientras que en Tepuxtepec presenta una aleta caudal más grande por lo que puede ser más veloz en su desplazamiento.

## Género

Según Barbour en 1973 las especies del género *Chirostoma* constituían entre el 20 % (Barbour, 1973b) y el 25 % (Barbour, 1973a) de la fauna íctica en los sitios en que la especie se distribuía. El género está restringido a la parte sur de la meseta central, es considerado representativo de la ictiofauna dulceacuícola mexicana, es de origen marino e invadió las aguas dulces al emerger la meseta central mexicana (Barbour, 1973a). Este género está compuesto por 18 especies y 6 subespecies (Barbour, 1973a; b). Desde 1996 las especies del género *Chirostoma* se ubican dentro de la familia Atherinopsidae (Dyer y Chernoff, 1996).

La meseta central de México tuvo una historia geológica inestable, en ella han ocurrido cambios continuos en los patrones de drenaje debidos a una serie de movimientos tectónicos asociados al periodo Orogénico Laramide, al vulcanismo en el Terciario medio y Pliopleistoceno y a levantamientos orogénicos en el Pleistoceno medio. Durante el Terciario y Pleistoceno temprano, el ancestro del Río Lerma fluía probablemente hacia el oeste, quizá a través de una serie de lagos hacia el Océano Pacífico; su tamaño y distribución son desconocidos (Barbour, 1973a). Al producirse cambios biológicos y geomorfológicos en los patrones de drenaje, las especies del género *Chirostoma* quedaron aisladas en las cuencas interiores a lo largo del Eje Neovolcánico, entre ellas el Valle de México, los lagos michoacanos y los estados de Jalisco y Nayarit (Alaye, 1993).

El género *Chirostoma* se divide en dos grupos: el grupo *Jordani* que presenta altos valores merísticos, escamas en la línea lateral con canales, escamas con márgenes lasciniados e incluye a las especies: *C. jordani*, *C. patzcuaro*, *C. chapalae*, *C. grandocoule*, *C. lucius*, *C. sphyraena* y *C. promelas*; y el grupo *Arge* con bajos valores merísticos, escamas en la línea lateral con poros redondeados a excepción de *C. labarcae* y *C. aculeatum* y escamas con márgenes suaves, se incluyen en este grupo a: *C. arge*, *C. melanoccus*, *C. charari*, *C. riojai*, *C. bartoni*, *C. attenuatum*, *C. labarcae* y *C. aculeatum* (Barbour, 1973b). Parece ser que hubo dos centros de evolución para las especies del grupo *Jordani*: la cuenca de Chapala, y los lagos de Uruapan, Pátzcuaro y de la región Zirahuen, Michoacán. La radiación de *Chirostoma humboldtianum* probablemente antecede a los levantamientos orogénicos del Pleistoceno medio (Barbour, 1973a).

## Especie

El pez *Chirostoma humboldtianum* (Figura 1), posee un cuerpo esbelto, hocico subtriangular que mide aproximadamente de 0.84 cm. a 1.34 cm., la base de su aleta anal mide entre 1.71 cm. y 2.22 cm, sus mandíbulas son desiguales, con la inferior

proyectándose mas que la superior, dientes pequeños dispuestos en dos o tres filas y terminados en punta, presenta una longitud máxima de 20 a 25 cm aproximadamente. Tiene de 43 a 73 escamas laterales y de 24 a 50 escamas predorsales, la distancia desde el hocico hasta el origen de la aleta pélvica es de 4.9 cm. a 5.12 cm. es decir la longitud estándar, la cabeza mide entre 2.56 cm. y 3.42 cm., la longitud postorbital de la cabeza va de 1.22 cm. a 1.68 cm. El diámetro de los ojos es de 0.46 a 0.78 cm (Barbour, 1973b). La base de la aleta anal es de 47 a 65% la longitud cefálica. El diámetro del ojo de 4.5 a 5 veces la longitud cefálica. La altura máxima del cuerpo es de 4 a 5.5 veces la longitud cefálica y de 3.6 a 4 veces la estándar (Álvarez, 1950). La primera aleta dorsal posee 5 espinas, la segunda una espina y de 10 a 12 radios, la anal una espina y 19 radios. Presenta de 48 a 55 escamas de borde dentado en una serie longitudinal, aunque generalmente son 50, las escamas de la región occipital y de la antero-ventral del tronco son mucho más pequeñas que las demás (Álvarez del Villar, 1970).

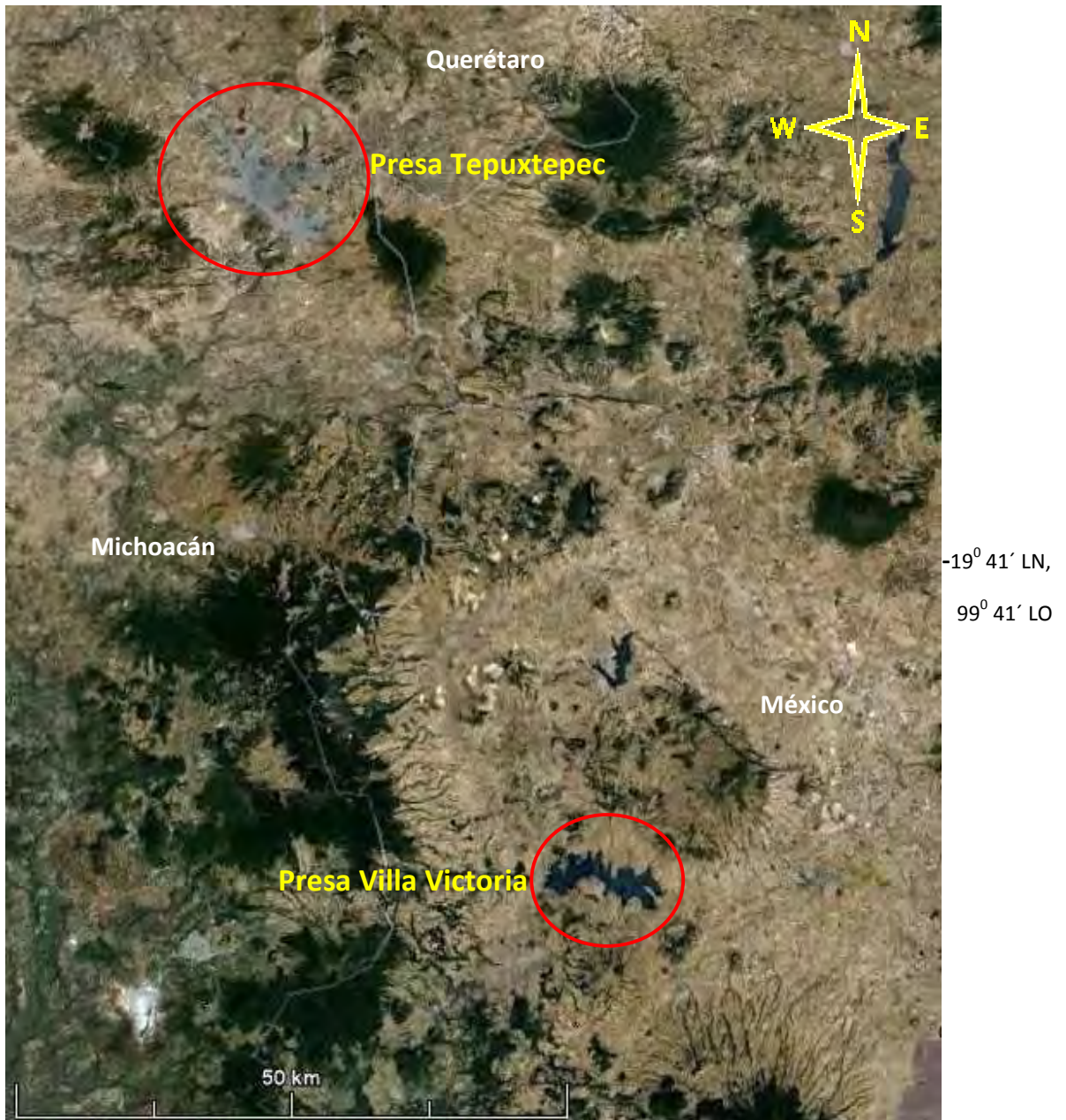


**Figura 1. Especie, *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835).** Ejemplar de la Presa Tepuxtepec.



### Sitios de estudio

Las localidades estudiadas se encuentran ubicadas en la meseta central, tienen como propósito almacenar el agua para riego y consumo humano, y originalmente para generación de electricidad, aunque al parecer esto último ya no se efectúa (Figura 2, tomada de Hanke (2010)).



**Figura 2. Zonas de estudio.** Las presas Villa Victoria y Tepuxtepec se ubican en la Meseta Central de México.

### ***Presa Tepuxtepec***

Se localiza entre los 20° Lat. N. y 100° 13' Long. O., a 2355 msnm. Tiene una superficie de aportación de 2,895 km<sup>2</sup> (Figura 3., tomada de Hanke (2010)). Los tipos de suelo que predominan datan de los periodos cenozoico y cuaternario y son: Phaeozem lúvico (HI), y Phaeozem háplico (Hh) (DETENAL, 1979; CETENAL, 1993), también hay suelo Planosol molico (Wm), Vertisol pelico (Vp), Litosol (I), Fluvisol eutrico (Je) y Chernozem (C). El mapa de INEGI indica que la presa está rodeada de zonas de cultivo y área verde urbana (INEGI, 1996; 1999).



**Figura 3. Presa Tepuxtepec.** Se localiza entre los 20° Lat. N. y 100° 13' Long. O., a 2355 msnm y tiene una superficie de 2,895 kilómetros cuadrados. Es un cuerpo de agua somero con aguas turbias por sólidos en suspensión.

Por inspección visual se encuentra que las zonas de agricultura se utilizan para la producción de maíz. Se reporta que su vegetación está conformada principalmente por bosque mixto con *Pinus sp.*, *Quercus sp.* (encino), *Alnus sp.* (aile) y *Salix sp.* (sauce), seguido de bosque de coníferas con *Abies religiosa* (oyamel), y praderas con *Acacia schaffneri* (huisache) y matorral. Entre su fauna se encuentra: *Canis latrans* (coyote), *Lepus sp.* (liebre), *Linx rufus* (gato montes), *Cyprinus carpio* (carpa) y el charal *Chirostoma humboldtianum* (INAFED, 1999; 2005b). Su clima es templado Cb[w1][w][i']g, con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 887.6 mm y temperaturas que oscilan entre 12.4 y 18.3 °C (García, 2004).

### ***Presa Villa Victoria***

Se encuentra en el valle de Toluca, en las coordenadas 19° 28' Lat. N. y 100° Long. O., a una altitud de 2576 msnm (Figura 4, tomada de Hanke (2010)). Cuenta con una superficie 462.15 km<sup>2</sup>, se abastece del río Lerma y de varios arroyos entre los que destacan, El Molino y San Diego. Se encuentra rodeada de zonas de agricultura según el mapa de INEGI. Por inspección visual se encuentra que está rodeada, de zonas de agricultura y pastizal, que se usan para alimentar ganado vacuno y bovino principalmente. Respecto a su tipo de suelo, predomina el tipo aluvial (al) y hay zonas de suelo residual (re) al norte (CETENAL, 1974). Al este de la presa se presentan dos tipos de suelo: Vertisol pelico (Vp) y Planosol mólico de textura fina (Wm/3).

Al norte predominan el Vertisol pélico (Vp) y el Planosol mólico de textura fina (Wm/3), acompañados de Planosol éutrico de textura media (We/2), Fluvisol dístrico de textura gruesa (Jd/1) y Acrisol órtico de textura fina (Ao/3). En el oeste se encuentran: Acrisol órtico medio (Ao/2), Fluvisol dístrico de textura gruesa (Jd/1), Andisol húmico de textura gruesa (Th/1) y Andisol órtico de textura media (To/2). Al sur, se localizan los tipos de suelo; Andosol húmico (Th), Andosol húmico de textura media (Th/2), Acrisol órtico de textura media y gruesa (Ao/2 y Ao/1), Vertisol pélico fino (Vp/3) y Feozem háplico de textura media y gruesa (Hh/2 y Hh/1) (DETENAL, 1978). Los tipos de roca que rodean a la presa son arenisca, toba y basalto (CETENAL, 1975). Los terrenos que rodean a la presa Villa Victoria se conforman de planicies, elevaciones orográficas y valles. La presa se encuentra enclavada dentro de la provincia geológica del Eje Volcánico, que se caracteriza por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del terciario y cuaternario. Respecto a su vegetación predomina el bosque mixto con *Pinus sp.*, *Abies religiosa* (oyamel), *Cedrus sp.* (cedros) y *Fraxinus sp.* (fresnos) entre otros; también se presentan algunas cactáceas y arbustos. Entre su fauna se encuentran: *Bufo sp.* (sapo), *Cambarellus sp.* (acocil), *Cyprinus carpio* (carpa), *Cichlasoma sp.* (mojarra), *Ambystoma sp.* (ajolote) y el charal *Chirostoma humboldtianum*.



**Figura 4. Presa Villa Victoria.** Se localiza entre los 19° 28' Lat. N. y 100° Long. O, a una altitud de 2576 msnm. Es un cuerpo de agua somero con aguas relativamente transparentes y con florecimientos de macrófitas en algunas partes de su zona litoral.

El tipo de clima que se presenta es templado subhúmedo con lluvias durante el verano en los meses de julio y agosto, durante el invierno el porcentaje de lluvias es menor a 5%, hay vientos que causan tolvaneras durante los meses de febrero y marzo predominando los del sur (INAFED, 2005a). De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima es de tipo Cb[w2][w][í] la precipitación anual es de 940.4 mm. La temperatura oscila entre 9.0 °C y 15.2 °C. (García, 2004). Este cuerpo acuático presenta homogeneidad en sus parámetros hidrobiológicos, excepto por el CO<sub>2</sub> que aumenta en la zona profunda (de 0 a 5 mg CO<sub>2</sub>/l), en tanto que el oxígeno disminuye (de 6 a 9 mg O<sub>2</sub>/l), el pH es ligeramente alcalino, la dureza oscila entre 35 y 40 mg/l y la alcalinidad total es de 42 a 45 mg HCO<sub>3</sub>/l. También presenta tendencia a la eutrofización dado que se presentan especies de algas indicadoras: *Aphanizomenon sp.*, *Anabaena sp.*, *Microcystis sp.*, *Fragillaria crotonensis* y *Stephanodiscus sp.* (Rodríguez, 1999).

## **Métodos para el análisis cuantitativo del tracto digestivo de peces**

Los métodos, frecuencia de ocurrencia, numérico o porcentaje de composición por número, volumétrico, gravimétrico, representación media de los pesos de las presas y sistema de puntos, dependen de dos criterios: el primero es la cantidad del alimento que se refiere al número de organismos presentes en el tracto digestivo y el segundo a la aportación energética y nutricional de los componentes de la dieta (García de Jalon *et al.*, 1993).

### ***Método de frecuencia de ocurrencia***

Se calcula a través del número de estómagos que contienen uno o más individuos de la especie-presa en relación con el total de estómagos estudiados o en relación solo a los llenos (Hyslop, 1980; García de Jalon *et al.*, 1993; Granado, 2002). En este método se revisan los items alimentarios que aparecen en el medio acuático y que puedan contribuir al alimento de la especie a estudiar. Se obtienen resultados elevados cuando el item alimentario es de tamaño pequeño y si todos los peces presentan el mismo item la frecuencia de ocurrencia es muy alta, bajo ciertas circunstancias un pez puede contener un único item por lo que la frecuencia de ocurrencia sería muy baja como sucede con los omnívoros. Este método se utiliza cuando los peces seleccionan su dieta de manera uniforme y cuando los otros métodos resultan muy variables (García de Jalon *et al.*, 1993).

### ***Método numérico o porcentaje de composición por número***

En este caso el número total de cada item de cada categoría alimentaria se expresa como la proporción en % del número total de items encontrados en todos los peces. Dicho método no se aplica cuando los items alimentarios no son variables discretas como los detritus, plantas superiores o algas filamentosas. En este caso no importa el número de estómagos que lo presentan sino la abundancia relativa con la que aparece cada muestra. Es apropiado para especies planctívoras. El número de presas contado de cada item se multiplica por el volumen de la suspensión y se divide entre el volumen transferido. Esta operación da una estimación del número de items de un tipo de alimento que aparece en el estómago. Cada cálculo de proporción numérica hallado se refiere únicamente a un pez individual, se tiene que calcular el valor medio mediante la suma de los resultados de todas las muestras. Si posteriormente se va a hacer un análisis estadístico de todos los datos, es necesario transformarlos a través del cálculo de los intervalos de confianza a una distribución normal. Este método proporciona una serie de datos de poco valor y de poca información del valor alimenticio de los diferentes items de la dieta, por lo que generalmente es usado como paso hacia otros cálculos tales como la tasa de alimentación para evaluar el impacto del depredador en la dinámica poblacional de la presa o bien para estimar el peso de la misma (Hyslop, 1980; García de Jalon *et al.*, 1993; Granado, 2002).

### ***Métodos volumétrico y gravimétrico***

El método de peso y volumen de cada categoría alimentaria de la dieta se expresa como tanto por ciento del peso total del alimento ingerido por un pez. Son métodos que evalúan el significado energético/nutritivo de la dieta o de sus componentes (García de Jalon *et al.*, 1993).

Volumétrico: cada categoría se introduce en una probeta graduada con un volumen de agua conocido y se mide el desplazamiento que produce. Es necesario utilizar una serie de probetas diferentes o cilindros graduados para obtener un resultado más exacto, debido a que el volumen de las distintas categorías alimentarias es muy variable. Antes de medir los grupos alimentarios es necesario secar la capa superficial de agua pegada a los items para lo cual se ponen a secar con papel secante o bien se centrifugan a baja velocidad (Hyslop, 1980; García de Jalon *et al.*, 1993; Granado, 2002).

Para obtener el peso o volumen de animales frescos las muestras deben conservarse en formalina al 40% y no en alcohol ya que se producen importantes pérdidas de sustancia (Schwoerbel, 1975) aunque en menor escala estas pérdidas de peso también suceden en formalina. El volumen total de todo el contenido estomacal examinado se obtiene a partir de los volúmenes parciales de cada categoría presente en las muestras (García de Jalon *et al.*, 1993).

Gravimétrico: Se pesa cada grupo alimentario del cuerpo de agua. Se utilizan los pesos frescos o secos de cada categoría alimentaria, es necesario mantener cada item sin agua en la superficie de su cuerpo o célula antes de pasar a su medición ya que el error causado por esta agua superficial está inversamente relacionado con el tamaño del cuerpo; a menor tamaño mayor superficie por lo que su peso o volumen aumentarían. Para obtener el peso seco de un item se secan en una estufa de 80 a 150 °C durante al menos cuatro horas, algunos autores sugieren temperaturas menores a 80 °C ya que los lípidos volátiles pueden perderse, sin embargo el secado a 15 °C es rápido y evita la posterior descomposición de la muestra. Si el contenido estomacal se presenta despedazado por la digestión, es necesario estimar su peso cuando ha sido ingerido mediante el método de reconstrucción de pesos. Se puede considerar que el peso específico de los organismos que flotan en el agua es igual a 1.0 en el caso de que no pueda ser determinado directamente y sus valores no estén en la literatura, el volumen corresponderá en tal caso al peso fresco, es decir  $1 \text{ mm}^3 = 0.1 \text{ mg}$ ; se multiplica el número de células por sus volúmenes y la suma de todos los valores dará el peso total de la categoría alimentaria (Hyslop, 1980; García de Jalon *et al.*, 1993; Granado, 2002).

Cuándo los microorganismos de los contenidos estomacales son muy pequeños su medición se hace muy difícil y laboriosa pudiéndose estimar en tal caso su peso mediante

las mediciones obtenidas a través de un microscopio. Para ello tenemos que conseguir tres medidas la longitud, anchura y profundidad es decir, una medida tridimensional (García de Jalon *et al.*, 1993).

El peso del alimento medido del estómago, es igual al alimento ingerido menos el alimento digerido y que pasa al intestino. La digestión del alimento varía entre las especies y sus respectivas dietas por lo que la variación es el grado de digestibilidad gástrica y tiene como consecuencia variantes en los métodos gravimétricos y de peso (García de Jalon *et al.*, 1993).

#### ***Método de la representación media de los pesos de las presas***

En este método se debe obtener el peso total de cada categoría alimentaria de cada estómago y se expresa como el tanto por ciento total de esa categoría sobre todo el estómago, calculando el promedio de todos los tantos por ciento calculados para todos los estómagos, se obtiene la importancia de cada categoría alimentaria. En realidad se trata de una forma del método de volumen y peso. La ventaja de este método respecto al gravimétrico se da en que evita la distribución contagiosa de las presas de un estómago a otro alternando el peso de los valores extremos y reduciendo la variabilidad de las presas de una muestra a otra (García de Jalon *et al.*, 1993).

Permite considerar en la muestra ciertas presas que en principio serían eliminadas por considerarlas poco representativas. Sin embargo cuando se puede trabajar con un gran número de muestras, hecho que casi nunca ocurre por los posibles impactos producidos sobre la población piscícola es más apropiado el método gravimétrico, ya que la variabilidad de la muestra no va a producir errores perceptibles en los resultados (García de Jalon *et al.*, 1993).

#### ***Sistemas de puntos***

Con este método se forman categorías con los items alimentarios encontrados en los estómagos. A cada categoría se le asigna un número o punto atendiendo al número de items que presente y a la talla de esos items (uno grande equivale a muchos pequeños). Es un método esencialmente volumétrico aunque también se puede considerar la cantidad de alimento. Es rápido fácil y no requiere aparatos sofisticados (García de Jalon *et al.*, 1993).

#### ***Método químico o calorimétrico***

Se utiliza para conocer el verdadero valor nutrimental de la dieta o de los componentes dietéticos. Estos análisis determinan primordialmente las características químicas de la dieta y cuales de aquellas son asimiladas por el pez. Estos datos suelen expresarse en joules o miligramos de proteína por gramo de alimento ingerido. Principalmente se mide el contenido proteico ya que es relativamente estable en los organismos mientras que el

contenido lipídico y por tanto su valor calorífico es extremadamente variable. La información que proporcionan es un paso intermedio en el estudio del aporte energético de los requerimientos alimentarios de la tasa de consumo y de la eficiencia de conversión del alimento principalmente. Sin embargo estos métodos requieren de mucho tiempo y en ocasiones son difíciles de llevar a cabo (García de Jalon *et al.*, 1993).

***Método subjetivo***

En ocasiones resulta difícil y complicado utilizar cualquiera de los métodos descritos anteriormente y se opta por el uso de cuantificaciones subjetivas de los items, previa la realización de los intervalos de abundancia (Granado, 2002).



## Marco teórico

### Planteamiento del problema y justificación del estudio

*Chirostoma humboldtianum* es una especie endémica de México (Barbour, 1973a; b). Es una especie de importancia económica y alimentaria, ya que pertenece al grupo de los peces blancos, los cuales alcanzan las mayores tallas dentro del género *Chirostoma* (Barbour, 1973b).

No se cuenta con datos de captura recientes, con información acerca del grado de deterioro de los sistemas acuáticos donde habita y mucho menos sobre las respuestas adaptativas de las distintas poblaciones a dichos cambios, por lo que es importante conocer las características biológicas de las especies que integran al género para con ello plantear estrategias adecuadas hacia su manejo y explotación óptimas.

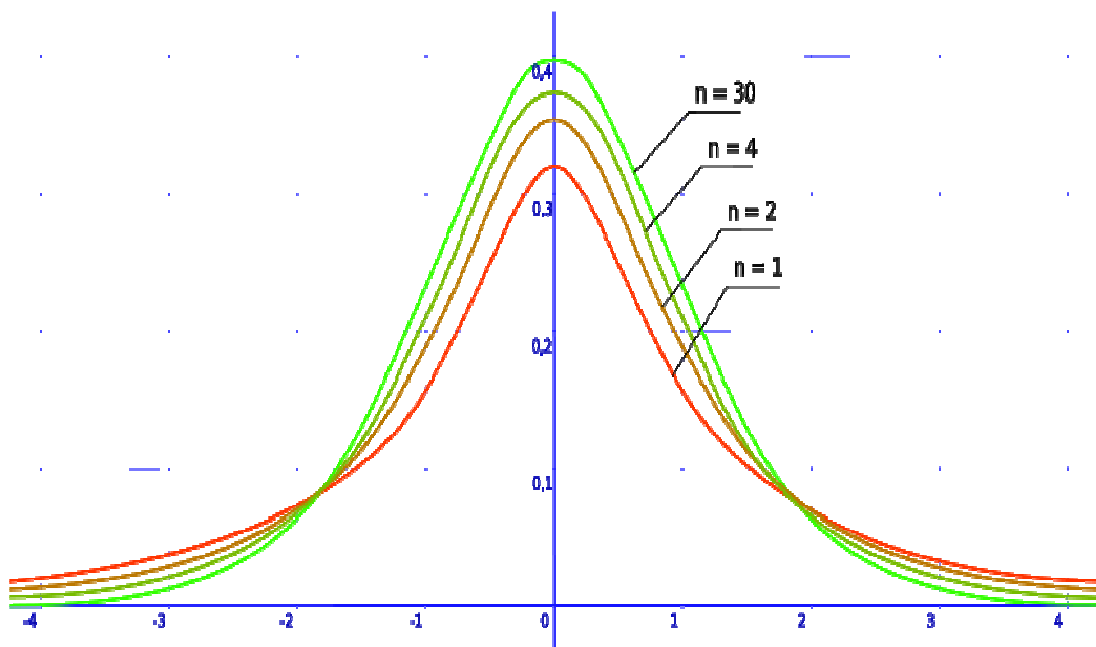
El conocimiento de los hábitos alimentarios puede aportar información sobre diferencias en la ingesta bioenergética, disponibilidad y calidad de alimento y preferencias alimentarias, lo cual, además de explicar el por qué de las diferencias morfométricas, puede ser potencialmente útil en caso de preparación de dietas artificiales, para la toma de decisiones en cuanto a introducción de la especie en otros sitios y como elemento para el estudio de la capacidad de carga de los sistemas en los que habita.

Estudios previos sobre esta especie en las presas Villa Victoria y Tepuxtepec, mostraron que estos peces presentan diferencias morfométricas por localidad (p. e. Gutiérrez *et al.*, 2006; Gutiérrez, 2007), particularmente, en la presa Tepuxtepec los organismos alcanzan una longitud mayor a la de los de la presa Villa Victoria.

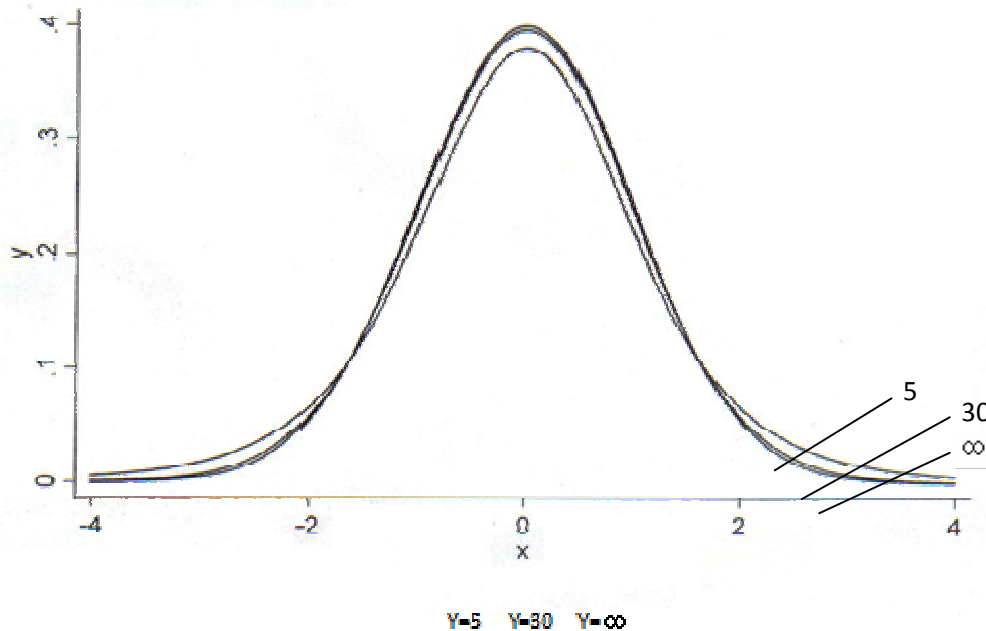
El presente trabajo responde a la necesidad de aportar elementos acerca de los hábitos alimentarios de la especie en las dos zonas mencionadas para la búsqueda de factores que expliquen las diferencias morfométricas observadas. Hasta el momento se tiene reportado para Villa Victoria el tipo de alimento que este pez consume (Suarez, 1997), pero se carece de información comparativa sobre los tipos de alimento y proporción en que se alimenta de ellos en distintas etapas de su vida respecto a cuerpos de agua ambientalmente tan diferentes como Tepuxtepec.

## Elección del número de peces

Estadísticamente, la cantidad de peces elegida por clase de talla y por sexo (cinco hembras y cinco machos) para la clase de referencia (9 cm) y de 10 organismos por sexo para las diferentes clases de talla se respalda en que si observamos las curvas de la función t de Student (Figura 1) a distintos grados de libertad ( $gl=n-1$ ), encontramos que la mejor aproximación a  $n=30$  se consigue a partir de  $n=4$ . Aunado a la dificultad de encontrar suficientes organismos de cada clase de talla (cerca de 30), se aceptó trabajar con al menos cinco organismos de acuerdo a la distribución t-Student. En la figura 6 se observa la curva para  $n=5$ , dicha curva se acerca a la curva de  $n=30$  que se aproxima a la distribución normal.



**Figura 1. Distribución de la función t-Student para diferentes grados de libertad.** Al disminuir los grados de libertad aumenta la probabilidad (área bajo la curva) de las colas a un mismo número de "t". A partir de tres grados de libertad ( $n=4$ ) el aumento del área bajo la curva es muy pequeño y su magnitud es cercana a la de  $n=30$ , donde la distribución t-Student se aproxima a la distribución Normal ([http://es.wikibooks.org/wiki/Imagen:Distribuci%C3%B3n\\_T\\_01.svg](http://es.wikibooks.org/wiki/Imagen:Distribuci%C3%B3n_T_01.svg) tomada de [http://es.wikibooks.org/wiki/Tablas\\_estad%C3%ADsticas/Distribuci%C3%B3n\\_t\\_de\\_Student](http://es.wikibooks.org/wiki/Tablas_estad%C3%ADsticas/Distribuci%C3%B3n_t_de_Student)).



**Figura 2. Distribución t de Student, a medida que aumenta el tamaño de la muestra la curva es menos asimétrica aproximándose a la distribución normal. La distribución t tiene un poco más de área en los extremos y menos en el centro.**

### **Exploración previa del contenido estomacal**

Para estudios tróficos en peces se ha analizado el primer tercio del tracto digestivo (Colautti y Remes, 2001; Díaz *et al.*, 2005) ya que la digestión se encuentra en un nivel más bajo a diferencia de los otros dos tercios por lo que la identificación de los items resulta más sencilla. En este tipo de estudios también se han analizado el segundo tercio del tracto digestivo (Trujillo y Toledo, 2007) e incluso el tracto digestivo completo (Amezcuca, 2007). Los estudios en el segundo tercio y tracto digestivo completo se han realizado en peces cuyo tamaño es mayor al de *C. humboldtianum*. En este trabajo se analiza únicamente el primer tercio del tracto digestivo (Figura 3), debido a que se realizó un análisis previo de contenido alimentario, en el cual se observaron organismos completos o parcialmente digeridos en el primer tercio, en tanto que los dos segundos tercios presentaban contenido alimentario más digerido, por lo que en esos dos tercios, no fue posible identificar organismos.

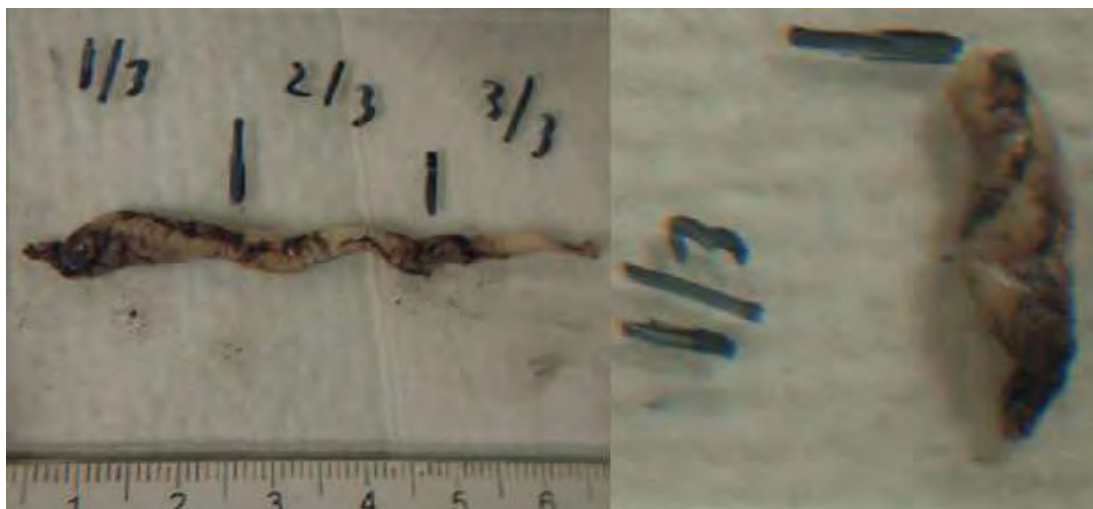


Figura 3. Izquierda tracto digestivo completo, derecha primer tercio del tracto digestivo de *C. humboldtianum*.

### Método de conteo

El método utilizado en este estudio es una variante del método numérico, mismo que toma en cuenta el número total de individuos de cada ítem, es decir la abundancia con que aparece cada ítem en el total de estómagos.

En este trabajo el porcentaje se utiliza para estandarizar y de esa manera poder hacer la comparación entre los ítems de la muestra de agua y los ítems encontrados en el tracto digestivo de los peces.

El método de frecuencia de ocurrencia es útil, cuando se revisan los ítems alimentarios en el medio acuático. Este método es necesario para cotejar la cantidad de alimento ingerida por el pez y la cantidad disponible en el medio acuático.

Para los métodos volumétrico, gravimétrico y químico o calorimétrico, se requiere de separar los ítems por categorías, lo cual no es práctico cuando los ítems son de tamaño pequeño.

El método de la representación media de los pesos de las presas presenta una ventaja al considerar a todas las presas pero resulta poco práctico ya que también es necesario separar cada categoría alimentaria.

### **Cámara Neubauer o hematocitómetro**

La cámara Neubauer o hematocitómetro, ha sido utilizada para cuantificar espermatozoides (Blancas *et al.*, 2004; Cardona *et al.*, 2008) y fitoplancton (Leal *et al.*, 2003; Alayo *et al.*, 2004) pero no se encuentran estudios en los que haya sido utilizada para el conteo de contenido alimentario, particularmente de peces, por lo que es una variante en el presente trabajo.

El manejo del hematocitómetro es sencillo, ya que basta con montar la muestra y lavar al final de la observación bajo el microscopio óptico. El hematocitómetro, posee un campo definido, en cada cuadro, que aunado a un ajuste correcto del microscopio óptico, resulta en un conteo directo, dado que la muestra permanece fija.

En la cámara Neubauer el conteo, puede hacerse tomando en cuenta el campo total de 9 mm<sup>2</sup>, ya que en esa área es más factible observar un mayor número de organismos.

### **Método estadístico**

Para la comparación de distribuciones de frecuencias se utiliza una prueba no paramétrica para dos muestras independientes en este caso una tabla de contingencia por Ji-cuadrada ( $\chi^2$ ), los datos categóricos con frecuencias son ordenados en una tabla de renglones y columnas en las que las entradas individuales son cantidades a este ordenamiento se le conoce como tablas de contingencia (Freund y Smith, 1990; Sokal y Rohlf, 1994; Siegel y Castellan, 1995; Dawson y Trap, 2004). La variante de  $\chi^2$  elegida para este estudio es la prueba G para frecuencias (Sokal y Rohlf, 1979), el cociente de esta prueba se aproxima al de la  $\chi^2$ , generalmente G será numéricamente bastante similar a  $\chi^2$ .

## Objetivos

Los siguientes objetivos se llevaron a cabo en las presas Villa Victoria, Estado de México y Tepuxtepec, Michoacán.

### Objetivos generales

- Determinar el espectro trófico de *Chirostoma humboldtianum* en las presas Tepuxtepec Michoacán y Villa Victoria Estado de México.
- Hacer una evaluación comparativa entre ejemplares de *C. humboldtianum* de ambas presas con respecto a su espectro trófico.

### Objetivos particulares

- Identificar al nivel taxonómico posible, los organismos encontrados en tractos digestivos de *C. humboldtianum* de ambas poblaciones.
- Identificar las diferencias del contenido en el tracto digestivo, por clases de talla seleccionadas mediante muestreo estratificado.
- Analizar el contenido del tracto digestivo en el tiempo para la detección de diferencias a lo largo del año.
- Estimar la abundancia en número y en proporción de organismos contenidos por clase de talla y en el tiempo.

## Método

### Obtención de organismos

La captura de los peces se realizó, con una red tipo chinchorro playero de 50 m de largo por 2 m de alto, y una luz de malla de 1 cm. Una vez capturados los peces, se seleccionaron organismos por clases de talla conforme al criterio mencionado en la siguiente sección. Para detener la digestión en el tracto digestivo y la descomposición de células y tejidos, los peces se fijaron en formol al 4% neutralizado con borato de sodio como lo sugerido por Núñez (2000) y Álvarez *et al.* (2007). Se realizaron capturas mensuales de una misma clase de talla de referencia (9.0 cm de longitud total con un intervalo de  $\pm 0.2$  cm) para el monitoreo temporal del contenido en el tracto digestivo.

Se tomaron muestras de agua con botellas de plástico y se fijaron en formol al 4%, a lo largo del año en las dos zonas de estudio, para observar las densidades de organismos en el agua y cotejarlas con las densidades observadas en los tractos digestivos. Las muestras permitieron observar a los organismos completos, sin el efecto de la digestión.

### Selección de clases de talla

Las clases de talla se diferenciaron por intervalos de 2 cm, con centros de clase 3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0 y 13.0 cm, con  $\pm 0.2$  cm de variabilidad.

Las clases de talla elegidas en número non y con intervalo de  $\pm 0.2$  cm, permitieron abarcar las clases de talla posibles en ambos sitios de estudio, eliminando al máximo el traslape entre ellas. Las clases de talla se eligieron de acuerdo la sección "Conteo de componentes", donde se extrajeron tractos digestivos de peces de distintas longitudes (longitud total). La observación bajo el microscopio de los contenidos del tracto digestivo mostró que los peces de esta especie consumen por lo general los mismos tipos de alimento independientemente del tamaño, aunque no en la misma cantidad. La cantidad de los contenidos fue muy variable entre peces de longitudes similares (varianza alta), por lo que era muy difícil discriminar diferencias en cantidad de alimento entre tallas cercanas. Lo anterior implicaba que se debía trabajar con grupos de talla lo suficientemente separados como para encontrar diferencias significativas, además de que se debía contar con suficientes clases de talla para poder discernir si existían tendencias en cantidad conforme a la longitud total.

El intervalo de  $\pm 0.2$  cm obedeció a que no era posible encontrar siempre peces de longitud total en el centro de clase exacto. Ante la baja probabilidad de capturar organismos de una talla en particular, era necesario considerar cierto grado de aproximación a los centros de clase que generara un intervalo sin traslape, lo suficientemente pequeño para reducir al mínimo la variabilidad pero que permitiera completar un número suficiente de organismos en cada una de las clases de talla.

Considerando todo lo anterior se eligieron clases de talla separadas cada dos centímetros con centro de clase en números pares (pues la talla de organismos más pequeños en las capturas oscila alrededor de 3.0 cm con el arte de pesca a emplear) y en un intervalo de 5 mm:  $-2 \text{ mm} < \text{Centro} < + 2 \text{ mm}$  (para garantizar organismos suficientes, disminuyendo el intervalo al máximo).

La clase de talla representativa con centro de clase de 9.0 cm se eligió debido a que durante las primeras salidas a campo en el 2007, ésta era la clase de talla más común de encontrar en ambas poblaciones, mientras que peces de otras clases de talla eran menos comunes o estaban ausentes entre muestreos. Los peces de la clase de talla representativa al igual que otras clases de talla no siempre se encontraban en gran cantidad por lo que se determinó que el tamaño de muestra por mes fuera de al menos 10 peces, de tal forma que se obtuviera la misma cantidad de organismos de esta clase de talla por mes.

### **Procesamiento de muestras**

Los peces se enjuagaron con agua corriente para eliminar el fijador. Durante el enjuague se mantuvieron húmedos con agua destilada y de cada organismo se registró: el peso total, con una balanza semi-analítica marca Ohaus modelo TP2005 y las longitudes total y estándar, que se midieron con una regla graduada en milímetros. Posteriormente se extrajeron las vísceras de cada organismo y se registraron los pesos eviscerado, gonádico y del hígado con la misma balanza; también se registró el estadio gonádico de acuerdo a Solorzano (1961). Una vez terminado lo anterior, el pez procesado se guardó en alcohol isopropílico al 50%, ya que se realizaron pruebas con alcohol isopropílico a distintas concentraciones durante una semana (40, 45, 50, 55, 60, 65 y 70%), observándose que el alcohol isopropílico al 50%, permite conservar a los organismos y que el tejido de los peces adquiriera una consistencia rígida, de manera que sea posible su medición posterior en caso de ser requerido.

La disección de cada pez se hizo sobre un portaobjetos limpio, de esa manera se evitó la contaminación entre peces. Para cada tracto digestivo, fue retirado el exceso de grasa con



una brocha mojada en alcohol, cuidando de no romperlo y/o contaminarlo con residuos de otro órgano. Únicamente se extrajo el alimento contenido del primer tercio del tracto digestivo, como lo realizado en Navarrete *et al.* (2006) y se colocó en un vial, con 0.3 ml o 0.5 ml de agua destilada, dependiendo de la cantidad de alimento contenido; los viales se guardaron en refrigeración hasta su análisis.

Los criterios para la elección de la porción del tracto digestivo a revisar se crearon partir de un ensayo previo, en el cual a peces de distintas longitudes (tomadas aleatoriamente), se extrajo el tracto digestivo, se dividió en tres tercios y se revisó el contenido de cada tercio. Cada contenido extraído, se guardó en un vial con 5 ml de agua destilada. Posteriormente, de cada vial se tomaron dos alícuotas que se colocaron en un portaobjetos y se observaron, bajo microscopio a 50, 100 y 400 aumentos (objetivos de 5X, 10X y 40X con un ocular de 10X). Se encontró que en el primer tercio la mayoría de los organismos estaban completos (no digeridos) e incompletos (parcialmente digeridos); mientras que en el resto del tracto la mayoría de los organismos no eran identificables por lo cual se decidió considerar el primer tercio del tracto digestivo para este estudio.

Las muestras de agua fueron filtradas en el laboratorio mediante una red de zooplancton, posteriormente el filtrado se enjuagó con agua destilada (Alonso, 1984; APHA, 1986) y se vertió en un frasco para las lecturas en la cámara Neubauer.

### **Conteo de componentes**

El conteo de elementos de cada componente ó componentes completos, se realizó por el método numérico, empleando una cámara Neubauer, mediante el siguiente procedimiento: con una jeringa se extrajo muestra de cada vial y se colocó por capilaridad sobre la cuadrícula de conteo de la cámara; el conteo se hizo en 18 mm<sup>2</sup> de la cámara bajo un microscopio a 50, 100 y 400 aumentos (objetivos de 5X, 10X y 40X con un ocular de 10X). La mayoría de los organismos en bajas cantidades se detectaron en el área central de la cámara (3 x 3 campos de 1 mm<sup>2</sup> cada uno).

Los organismos completos, se consideraron representantes de **componentes** o **grupos** particulares. Inicialmente se pretendió identificar cada componente al nivel taxonómico más cercano a especie, por lo cual el concepto de grupo o componente se encuentra restringido al grado máximo de identificación, por ejemplo: género (*Daphnia*, *sp*), grupo (copépodo), etc. Los restos de organismos, pueden ser indicadores de organismos completos, particularmente cuando la estructura encontrada es única para un elemento del componente, por ejemplo una cabeza de *Daphnia sp.* es indicadora de un individuo, es decir, se trata de un elemento del componente *Daphnia sp.* A estas estructuras indicadoras

de organismos completos se les denominó **elemento**. Aquellas fracciones de un elemento (por ejemplo, fracciones de apéndices o subestructuras corporales) se les denominó **subunidades**. En la tabla 1 se resumen estos conceptos, se brindan ejemplos, se menciona la forma de identificarlos y se propone un criterio tentativo de cuantificación.

Se habla de un criterio tentativo de cuantificación pues el criterio final de conteo depende de las particularidades de las estructuras a encontrar, por ejemplo, en caso de contar X número de extremidades (subunidades), si hay Y extremidades en un solo organismo, el número posible de organismos sería  $Z = X / Y$ , pero si además existen K cabezas (elementos), el número de organismos sería K si  $Z < K$ , pero sería Z si  $Z > K$ . En síntesis, se contó el número de organismos completos (individuos por componente), el número de elementos (estructuras indicadoras de un individuo), el número de subunidades (fracciones de apéndices o subestructuras corporales) y se estableció al final un criterio particular en cada caso para la estimación del número equivalente de organismos por componente, dependiendo de la naturaleza de cada caso.

### **Obtención de resultados y análisis estadístico**

El cotejo entre el consumo de componentes se realizó a través de la comparación de las distribuciones de frecuencias y de proporciones de los distintos items por localidad, clases de talla, tiempo y abundancia en medio acuático. Las pruebas utilizadas fueron Ji-cuadrada ( $\chi^2$ ) y prueba G para frecuencias, mediante una prueba de independencia (tabla de contingencia). Dichas pruebas se utilizaron para evaluar la diferencia entre cantidades.

Tabla 1. Criterios para la cuantificación de componentes.

Nivel de organización	Concepto	Ejemplo	Forma de identificación	Criterio de cuantificación
<b>Grupo o componente</b>	Tipo de contenido que puede ser: organismo, estructura específica ó fracción de una estructura mayor.	Copépodo, diatomea filamento de planta, etc.	Revisión previa de los contenidos de algunos ejemplares, agregando nuevos componentes conforme aparezcan.	Presenta todos sus elementos o solo carece de alguno de estos.
<b>Elemento o unidad</b>	Sub-grupo ó Sub-componente particular, ó cualquier parte de su estructura que lo identifique como unidad invidual.	Maxilares, apéndices, etc.	Claves de ubicación taxonómica y cuadros de estructuras anatómicas.	Un elemento único en el campo de conteo será igual a un componente. Habrá más de un componente cuando se encuentre un número de elementos mayor al encontrado normalmente en un componente completo.
<b>Subunidad</b>	Sub-elemento (Fracción de un elemento ó unidad).	Subestructuras corporales, trozos de apéndices, etc.	Claves de ubicación taxonómica y cuadros de estructuras anatómicas.	Habrá más de un elemento cuando se encuentre un número mayor al equivalente de subunidades del número total de estas subunidades en un elemento completo. Una subunidad será equivalente a un elemento cuando naturalmente se encuentre una subunidad en cada elemento.

## Resultados

### Listado de organismos encontrados en muestras de agua y tracto digestivo de *C. humboldtianum* de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.

En las siguientes fotografías (Figuras 8-14), se aprecian organismos encontrados en tractos digestivos de *C. humboldtianum* y muestras de agua de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria. *Bosmina sp.* y *Daphnia sp.* (Pennack, 1978), copépodo ciclopoideo (Campos y Suárez, 1994), insecto, *Aulacoseira sp.* (Silva *et al.*, 2008), *Navicula sp.* y *Cymbella cistula* (Ortega, 1984), se identificaron al nivel taxonómico posible.

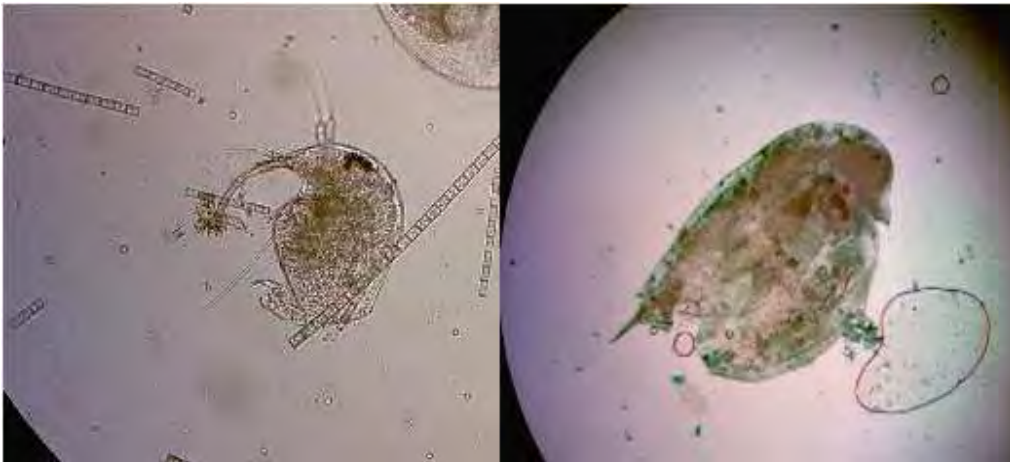


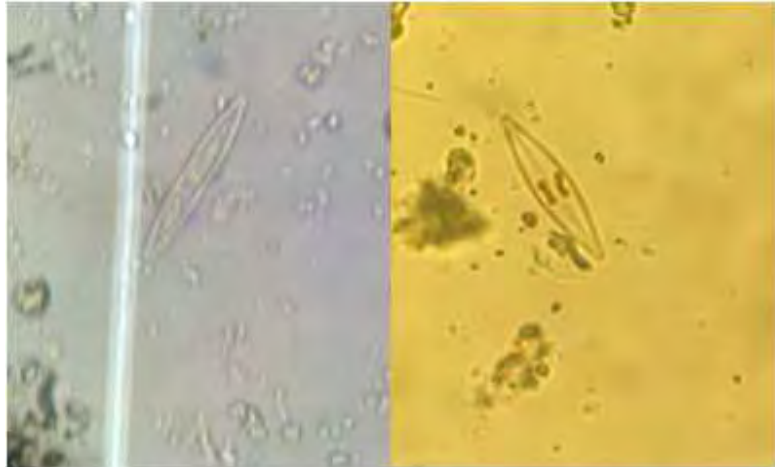
Figura 1. Izquierda, *Bosmina sp.* (muestra de agua, Villa Victoria), derecha *Daphnia sp.*, (muestra de agua, Tepuxtepec). Ambos cladóceros se presentaron tanto en tracto digestivo como en muestra de agua de la presas Tepuxtepec y Villa Victoria.



**Figura 2. Copépodo ciclopoideo (tracto digestivo, Presa Tepuxtepec).** Los copépodos ciclopoideos se encontraron tanto en tracto digestivo como en medio acuático de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.



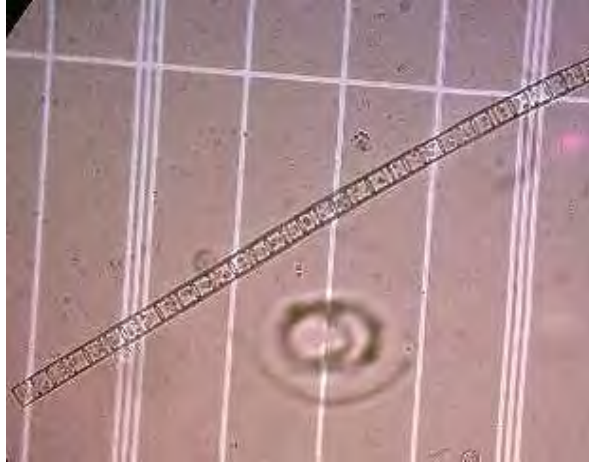
**Figura 3. Fragmento de insecto (tracto digestivo, Tepuxtepec).** Los insectos se presentaron en tractos digestivos de ambas localidades.



**Figura 4. *Navicula sp.*, muestras de agua (izquierda Tepuxtepec, derecha Villa Victoria).** Organismo encontrado en tractos digestivos de *C. humboldtianum* y medio acuático de la presas Tepuxtepec y Villa Victoria.



**Figura 5. *Cymbella cistula* (muestra de agua, Tepuxtepec).** Se registró en tractos digestivos y muestras de agua de las localidades Tepuxtepec y Villa Victoria.



**Figura 6. *Aulacoseira sp.* (muestra de agua, Villa Victoria).** Esta alga se presentó tanto en tractos digestivos como en medio acuático de la presa Villa Victoria y únicamente en las muestras de agua de la presa Tepuxtepec.

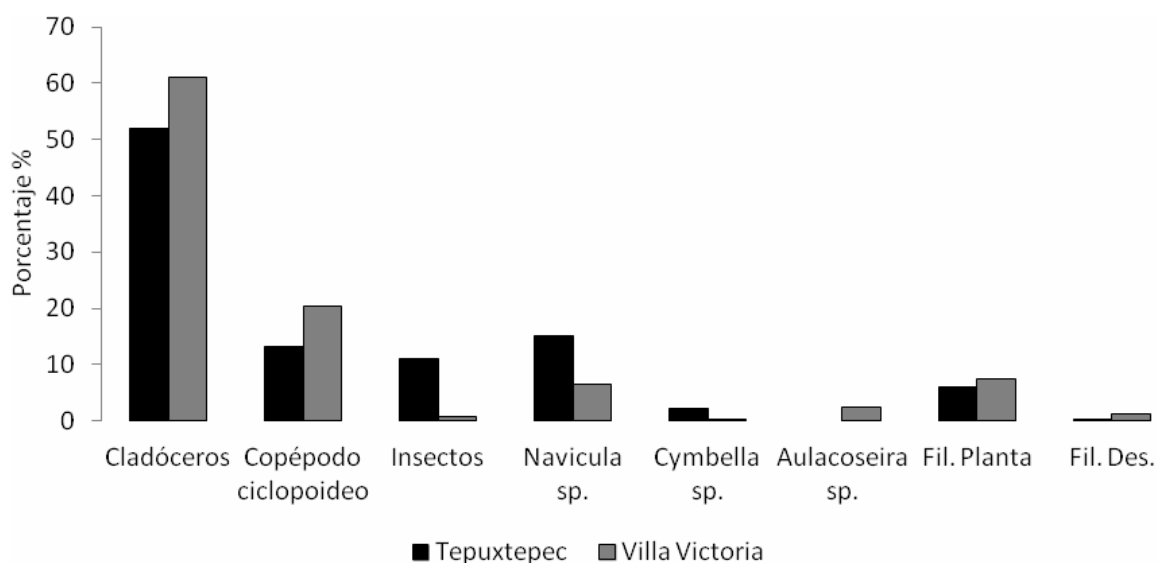


**Figura 7. Filamento de planta (muestra de agua, Tepuxtepec).** Se registró tanto en tractos digestivos como en muestras de agua de ambas localidades.

### Comparación del contenido en el total de tractos digestivos de *C. humboldtianum* proveniente de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.

En el total de tractos digestivos se registraron ocho items: cladóceros, copépodo ciclopoideo, insectos, *Naviculas sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.*, filamento de planta (Fil. Planta) y filamento desconocido (Fil. Des.).

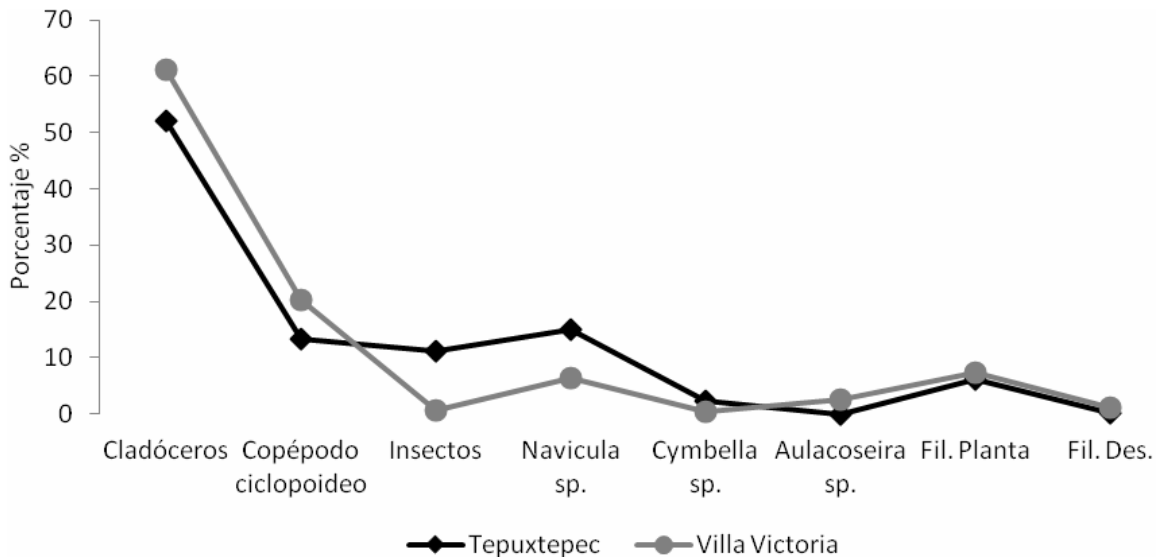
De acuerdo a la gráfica 1, el porcentaje total de cada item encontrado en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de todas las clases de talla de ambas presas es mayor para cladóceros (superior al 50%). El item copépodo ciclopoideo en ambas presas es mayor al 13%. En ambas presas se presentan porcentajes menores al 20% de los items insectos, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, filamento de planta (Fil. Planta) y filamento desconocido (Fil. Des.). *Aulacoseira sp.* no se encuentra en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de Tepuxtepec, en tanto que en Villa Victoria se encuentra en una proporción menor al 5%.



**Gráfica 1. Porcentaje total de items encontrados en todas las clases de talla de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.** El item cladóceros es el más abundante mientras que los items más escasos son *Cymbella sp.* y filamento desconocido (Fil. Des.). En Villa Victoria hay menor presencia de insectos y *Navicula sp.* que en Tepuxtepec. *Aulacoseira sp.* solo se encontró en el tracto digestivo de peces de Villa Victoria. Los porcentajes de los items copépodo ciclopoideo y filamento de planta (Fil. Planta) son más bajos en Tepuxtepec.



Se observa una tendencia semejante entre ambas localidades, los items más abundantes son cladóceros (Gráfica 2). En Tepuxtepec es menor la cantidad de cladóceros y copépodo ciclopoideo, mientras que el porcentaje de insectos y *Navicula sp.* es mayor.



**Gráfica 2. Variación del porcentaje total de items encontrados en todas las clases de talla de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.** Los items cladóceros y copépodo ciclopoideo se encuentran en menor proporción en Tepuxtepec, en cambio se observa mayor porcentaje de insectos. La tendencia general es similar.

El item cladóceros en el tracto digestivo es mayor al 50% en ambas presas (Tabla 1), aunque mayor en Villa Victoria (61.14% > 52.04%). Los items copépodo ciclopoideo y filamento de planta (Fil. Planta) son menos numerosos en Tepuxtepec. En ambas presas se registraron porcentajes bajos para *Cymbella sp.* y filamento desconocido (Fil. Des.). Hay una diferencia notable de más del 10% en el item insectos (11.15% en Tepuxtepec y 0.74% en Villa Victoria). *Aulacoseira sp.* no fue detectada en los peces de Tepuxtepec. De acuerdo a las pruebas Ji-cuadrada ( $\chi^2 = 206.8116$ , 6 d.f.,  $P=0.0$ ) y G ( $G=230.9441$ , 6 d.f.,  $P=0.0$ ) se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa entre la distribución de ambas poblaciones.

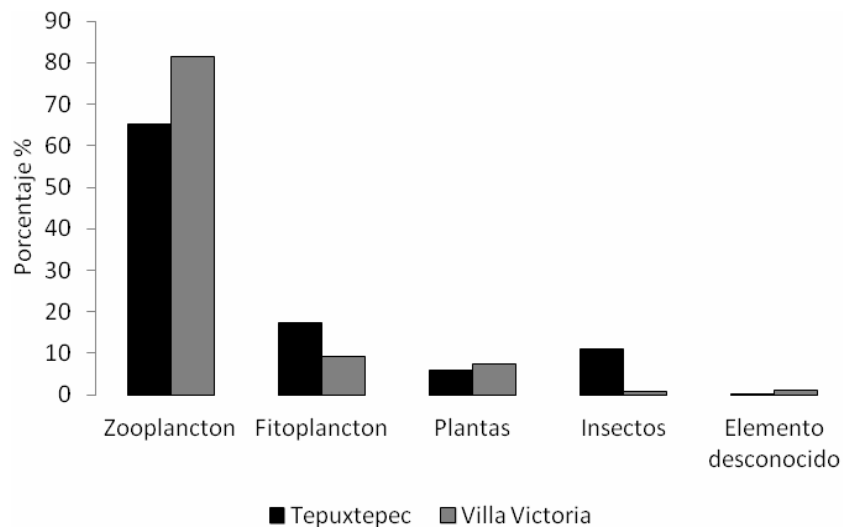
Debido a que las pruebas  $\chi^2$  y G arrojaron resultados similares en significancia, en lo sucesivo se reportará únicamente el resultado de la prueba G.

**Tabla 1. Porcentaje total de items en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de todas las clases de talla de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.** Se registraron en total ocho items de los cuales ocho se encontraron en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de Villa Victoria, mientras que en Tepuxtepec *Aulacoseira sp.* no fue detectada. Cladóceros es el item más frecuente en ambas presas, a este le siguen en porcentaje los items copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.*, filamento de planta (Fil. Planta) e insectos, los más escasos son *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.* y filamento desconocido (Fil. Des.).

Presas/ Items	Cladóceros	Copépodo ciclopoideo	Insectos	<i>Navicula sp.</i>	<i>Cymbella sp.</i>	<i>Aulacoseira sp.</i>	Fil. Planta	Fil. Des.
Tepuxtepec	52.0442	13.2879	11.1584	15.0766	2.2998	0	6.0477	0.0851
Villa Victoria	61.1433	20.2982	0.7456	6.4623	0.3314	2.4855	7.3736	1.1599
Tepuxtepec	65.33%		34.66%					
Villa Victoria	81.44%		18.55%					

Los items detectados pueden incluirse en cinco grupos más generales: zooplancton, fitoplancton, plantas, insectos y grupo desconocido, este último no logró identificarse pero es muy probable que se trate de una planta. Como se verá a continuación, un análisis derivado de la agrupación en cinco items, arroja los mismos resultados antes observados.

En las dos presas (Gráfica 3) se aprecia que los grupos fitoplancton, plantas e insectos se encuentran en porcentajes menores al 20%, en tanto que el zooplancton rebaza el 60 y 80% para Tepuxtepec y Villa Victoria respectivamente, con lo cual se constituye en el grupo más abundante. El grupo elemento desconocido es muy bajo para ambas presas (menor al 5%). El comportamiento de la distribución de grupos de las dos poblaciones, es similar.



**Gráfica 3. Porcentaje total de grupos de todas las clases de talla encontrados en *C. humboldtianum* de las presas Tepuxtepec y Villa Victoria.** El zooplancton abunda más que los otros grupos, en ambas presas. En Villa Victoria los insectos y el fitoplancton son menos abundantes que en Tepuxtepec y el porcentaje de zooplancton y plantas es mayor en Villa Victoria, mientras que elemento desconocido es bajo en ambas presas.

En la tabla 3 se observa que el porcentaje de zooplancton es mayor en Villa Victoria con 81.44% y menor en Tepuxtepec con 65.33%, contrario a lo que ocurre con el grupo fitoplancton cuyo porcentaje es mayor para Tepuxtepec (17.33>9.27). El grupo plantas se presenta en porcentajes similares (6.04 y 7.37% para Tepuxtepec y Villa Victoria respectivamente). La diferencia más notoria se observa en insectos en donde Tepuxtepec presenta un 11.15%, mientras que Villa Victoria presenta solo el 0.74%. Por su parte la proporción de elemento desconocido es bajo con 0.08% para Tepuxtepec y 1.15% para Villa Victoria. El porcentaje de zooplancton en ambas localidades es claramente más elevado que la suma de porcentajes de fitoplancton, plantas, insectos y elemento desconocido. De acuerdo a la prueba G ( $G=194.2758$ , 4 d.f.,  $P=0.0$ ) se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa entre la distribución de ambas poblaciones.

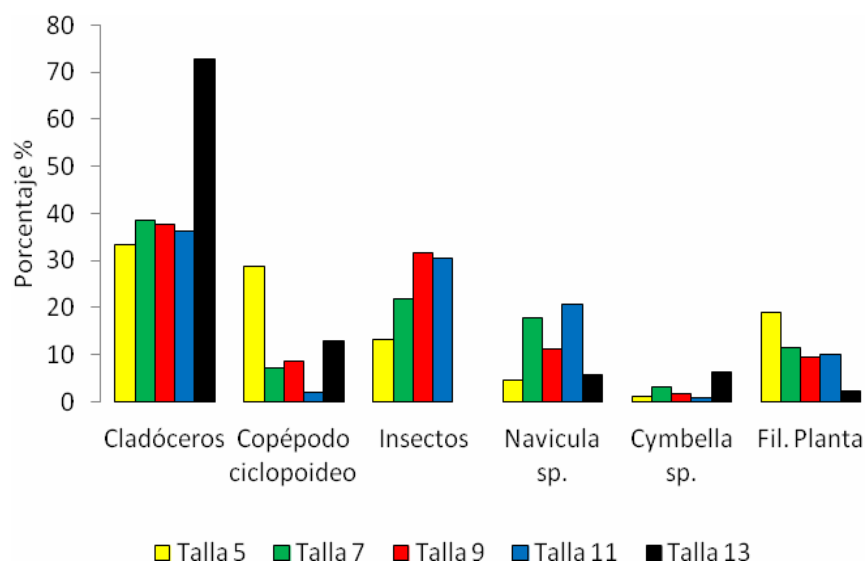
**Tabla 2. Porcentaje total de grupos ingeridos por *C. humboldtianum* en las presas Villa Victoria y Tepuxtepec.** El grupo zooplancton es más abundante en los dos cuerpos de agua a diferencia de elemento desconocido que es el grupo más bajo en ambos sitios. La abundancia de los grupos fitoplancton e insectos es más alta en Tepuxtepec. Zooplancton y plantas son más frecuentes en Villa Victoria.

Presas/ Items	Zooplancton	Fitoplancton	Plantas	Insectos	Elemento desconocido
Tepuxtepec	65.3321	17.3764	6.0477	11.1584	0.0851
Villa Victoria	81.4415	9.2792	7.3736	0.7456	1.1599
Tepuxtepec	65.3321	34.6678			
Villa Victoria	81.4415	18.5584			

**Comparación de items detectados en el tracto digestivo de *C. humboldtianum*, entre clases de talla de las localidades Tepuxtepec y Villa Victoria.**

### ***Tepuxtepec***

Según la gráfica 4, se registraron cinco clases de talla. En las cinco clases se encontraron cladóceros, copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.* y filamento de planta (Fil. planta). El item insectos, no se encontró en la talla 13, cladóceros es el más frecuente y *Cymbella sp.* el más escaso. El porcentaje más alto de cladóceros se presenta en la talla 13 rebasando el 70%; en las tallas 5, 7, 9 y 11 los porcentajes de ese item se encuentran entre 30 y 40%. El porcentaje de copépodo ciclopoideo es de casi el 30% en la talla 5. El porcentaje de insectos tiende a aumentar conforme la talla, alcanzando su máximo en la talla 9 (mayor al 30%). En el item *Navicula sp.*, no se observa una tendencia coherente, y el porcentaje más elevado es mayor al 20% en la talla 11. En filamento de planta es notoria la tendencia a disminuir conforme la talla; el porcentaje más alto de ese item es de casi 20% en la talla 5.



**Gráfica 4. Porcentaje de items encontrados en el tracto digestivo de *C. humboldtianum*, para diferentes clases de talla de Tepuxtepec.** El item cladóceros es el mejor representado, su mayor porcentaje se encuentra en la talla 13. Excepto por la talla 5, los porcentajes de insectos son más elevados a los de copépodo ciclopoideo. Se aprecia el aumento de insectos y disminución de filamento de planta (Fil. Planta), mientras que en copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.* y *Cymbella sp.* no se observan tendencias coherentes.

El item cladóceros es el más abundante (Tabla 3), su porcentaje más elevado (72.76%) se presenta en la talla 13. En *Cymbella sp.* se encuentran los porcentajes más bajos, con excepción de la talla 13, donde alcanza 6.25%. El porcentaje de copépodo ciclopoideo, es más elevado en la talla 5 (28.88%). Respecto a insectos, los porcentajes de las tallas 7, 9 y 11 son mayores a los de copépodo ciclopoideo. Para filamento de planta, se observa una disminución, dado que la talla 5 presenta el porcentaje mayor (18.88%) y la talla 13 sólo el 2.23%. El porcentaje mas alto de *Navicula sp.* es de 20.56% en la talla 11. Para las clases de talla 5, 7, 9, 11 y 13, la suma de porcentajes de los items de origen carnívoro (cladóceros, copépodo ciclopoideo e insectos), es más elevada que la suma del resto de los items. La prueba G ( $G=116.7950$ , 16 d.f.,  $P=2.266E-17$ ), arroja que existe diferencia estadísticamente significativa entre la distribución de los items encontrados en el tracto digestivo de cada clase de talla de la presa Tepuxtepec.

**Tabla 3. Porcentaje de items encontrados en el tracto digestivo de las clases de talla de Tepuxtepec.** Los cladóceros son los más frecuentes mientras que *Cymbella sp.*, es generalmente el item más escaso. En las tallas 7, 9 y 11 el porcentaje de insectos es mayor al de copépodo ciclopoideo. En la talla 13 el porcentaje de insectos es claramente más elevado que el de las clases 5, 7, 9 y 11, en dicha talla se ausenta insectos.

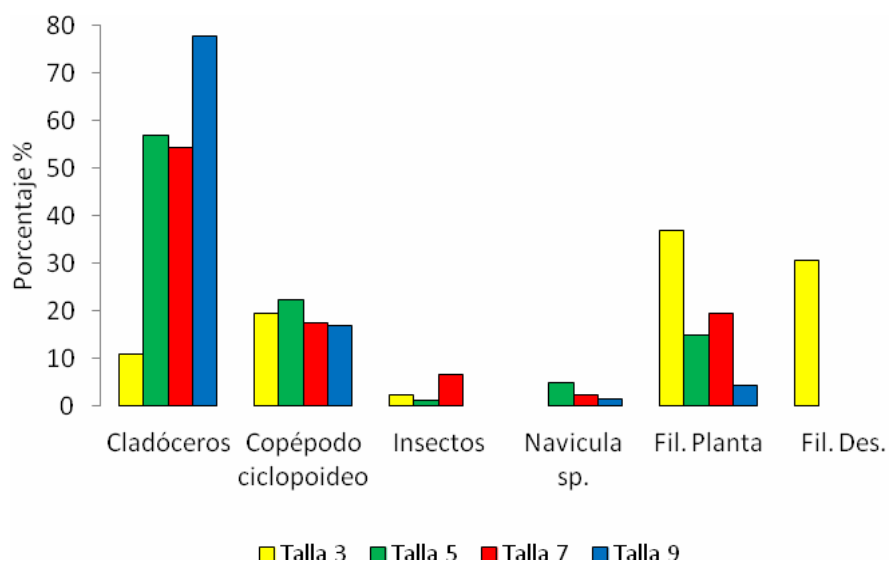
CT/Item	Cladóceros	Copépodo ciclopoideo	Insectos	<i>Navicula sp.</i>	<i>Cymbella sp.</i>	Fil. Planta
5	33.3333	28.8888	13.3333	4.4444	1.1111	18.8888
7	38.5416	7.2916	21.875	17.7083	3.125	11.4583
9	37.6068	8.5470	31.6239	11.1111	1.7094	9.4017
11	36.1702	2.1276	30.4964	20.5673	0.7092	9.9290
13	72.7678	12.9464	0	5.8035	6.25	2.2321

5	75.5554	24.4443
7	67.7082	32.2916
9	77.7777	22.2222
11	68.7942	31.2055
13	85.7142	14.2856

### ***Villa Victoria***

En la presa Villa Victoria, se registraron cuatro clases de talla (Gráfica 5), en ellas se presentan los items cladóceros, copépodo ciclopoideo y filamento de planta (Fil. Planta). En las tallas 5, 7 y 9, los cladóceros son el item más abundante, el porcentaje más alto de ese item es de casi 80% y corresponde a la clase 9. Copépodo ciclopoideo presenta porcentajes semejantes entre 15 y 25%. Los insectos se presentan en las clases 3, 5 y 7 en porcentajes menores al 10%. *Navicula sp.*, se encuentra en las tallas 5, 7 y 9, con porcentajes menores al 10%. Los porcentajes de filamento de planta son variables. Filamento desconocido (Fil. Des.), se registra únicamente en la talla 3 con un porcentaje mayor al 30%.



**Gráfica 5. Porcentaje de items por clase de talla, en la presa Villa Victoria.** Cladóceros, es el item más abundante para las tallas 5, 7 y 9. Copépodo ciclopoideo presenta porcentajes similares. Los porcentajes de insectos y *Navicula sp.* son notoriamente bajos. Únicamente en la talla 3 aparece filamento desconocido (Fil. Des.). En ninguna clase se observan patrones de tendencia coherentes.

Los porcentajes de cladóceros son los más abundantes, excepto en la talla 3 donde sólo se registra un 10.86% (Tabla 4). El item copépodo ciclopoideo presenta porcentajes similares, el más bajo es de 16.78% y el más alto de 22.22%. Los items más escasos son insectos y *Navicula sp.* que se encuentran ausentes en las tallas 9 y 3 respectivamente. En las tallas 3, 5 y 7, filamento de planta presenta porcentajes elevados, su proporción más alta se encuentra en la talla 3 con 36.95%. Filamento desconocido se registra únicamente para la talla 3 con un 30.43%. En las tallas 5, 7 y 9, la suma de porcentajes de los items de origen animal (cladóceros, copépodo ciclopoideo e insectos), es claramente mayor a la suma de porcentajes del resto de los items. La prueba G ( $G = 57.0800$ , 6 d.f.,  $P = 1.76E-10$ ), arroja que existe diferencia estadísticamente significativa entre la distribución de items del tracto digestivo, por clases de talla de la presa Villa Victoria.

**Tabla 4. Porcentaje de items por clase de talla, en la presa Villa Victoria.** En las tallas más grandes hay mayor abundancia de cladóceros. Los items más escasos son insectos y *Navicula sp.* Los porcentajes de copépodo ciclopoideo son similares, mientras que los de filamento de planta son variables. Insectos no se encuentra en la talla 9. Filamento desconocido sólo se presenta en la talla 3.

CT/Item	Cladóceros	Copépodo ciclopoideo	Insectos	<i>Navicula sp.</i>	Fil. Planta	Fil. Des.
3	10.8695	19.5652	2.1739	0	36.9565	30.4347
5	56.7901	22.2222	1.2345	4.9382	14.8148	0
7	54.3478	17.3913	6.5217	2.1739	19.5652	0
9	77.6223	16.7832	0	1.3986	4.1958	0
3	32.6086		67.3912			
5	80.2468		19.753			
7	78.2608		21.7391			
9	94.4055		5.5944			

#### Variación del contenido en el tracto digestivo entre muestreos.

Los resultados mostrados en esta sección son producto de la evaluación de los porcentajes de los diferentes items en el primer tercio del tracto digestivo muestreado, donde los porcentajes se estiman a partir del número total de organismos cuantificados. Debido a que el tamaño absoluto individual de cada uno de los items es muy diferente, el aporte al volumen total del contenido es muy contrastante, por ejemplo, a partir de la tabla 7, se puede calcular que el volumen de *Daphnia sp.* es 6980 veces el de *Navicula sp.* ( $2.08146299/0.00029817$ ), por lo que en términos absolutos, aún cuando el porcentaje de los items “pequeños” (*Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.* y filamentos) sea igual al de los grandes (cladóceros, copépodos e insectos), el volumen aportado se ubicaría entre 6890 y 413 veces inferior al de los grandes. La diferencia en volumen por individuo de cada item es muy contrastante, en nuestro caso, tomando como referencia a *Navicula sp.*, los filamentos de planta son 15 veces más voluminosos, los copépodos ciclopoideos 865 veces, el cladóceros *Bosmina sp.* 413, y el cladóceros *Daphnia sp.* 6980 veces más grande. De lo anterior se desprende que aunque el porcentaje de items pequeños pueda variar drásticamente, su influencia en volumen aportado puede no ser importante, por ejemplo, si en promedio se cuentan 150 organismos de todos los items en una muestra de un pez, y de ellos los cladóceros (*Daphnia sp.*) representan 60% del total y *Navicula sp.* el 25%, el total de cladóceros contados sería de 90 y 38 de *Navicula sp.*, lo cual en términos de

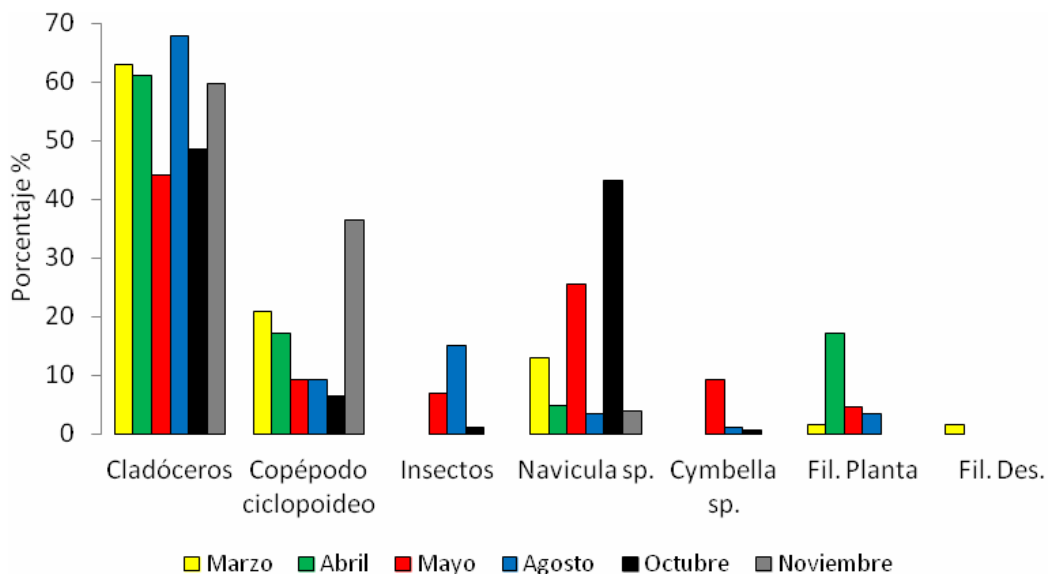


volumen implica que *Navicula sp.* representa al rededor de una centésima de la cantidad de *Daphnia sp.* presente. Con la finalidad de evaluar el efecto del volumen además del porcentaje de organismos, a partir de fotografías de las muestras se estimó el volumen aproximado de cladóceros (*Daphnia sp.* y *Bosmina sp.*), copépodos ciclopoideos, filamentos de planta y *Navicula sp.*; el efecto de los volúmenes comparativos se describe después de los porcentajes de los items por muestreo.

### **Tepuxtepec**

Para la comparación entre los diferentes muestreos se consideró como clase de talla de referencia a la clase de longitud 9 ( $9.0 \pm 0.2$  cm).

En la gráfica 6, se aprecia que cladóceros es el item más abundante en todos los meses, siendo agosto el mes con el porcentaje más alto, alcanzando casi el 70%. El mes más bajo fue marzo, con más del 40%. Copépodo ciclopoideo es el segundo item con mayor abundancia, la cual decrece de marzo a octubre y en noviembre vuelve a aumentar a más del 30%. *Navicula sp.* tiende a bajar y subir, rebasando en octubre el 40%. Los items más escasos son insectos, *Cymbella sp.* y filamento de planta. El item filamento desconocido, únicamente se detectó en marzo en un porcentaje notoriamente bajo (menor al 5%).



**Gráfica 6. Porcentaje de items, detectados dentro del tracto digestivo de *C. humboldtianum*, de la presa Tepuxtepec durante los meses de marzo, abril, mayo, agosto, octubre y noviembre.** Los items cladóceros, copépodo ciclopoideo y *Navicula sp.*, están presentes en todos los meses. Los items insectos y *Cymbella sp.*, no se presentan en marzo, abril y noviembre, mientras que filamento de planta (Fil. planta), no se presenta en octubre y noviembre, sin embargo cuando no se ausentan son escasos. Filamento desconocido (Fil. Des.), únicamente se presenta en marzo.

El item cladóceros es el item con los porcentajes más elevados en todos los meses, ya que estos se encuentran arriba del 40% (Tabla 5). El item copépodo ciclopoideo es apreciablemente más abundante en noviembre y más escaso en octubre (36.53 y 6.50%). En agosto insectos alcanza un porcentaje considerable el 14.94%, sin embargo no se encuentra en marzo abril y noviembre. El item *Navicula sp.*, es el segundo porcentaje más alto en mayo y octubre con 25.58 y 43.19% respectivamente, mientras que en marzo su porcentaje es de 12.90% y en los otros meses es escaso. El item filamento de planta alcanza su mayor porcentaje en abril, en tanto que para los otros meses este porcentaje es bajo. *Cymbella sp.* y filamento desconocido son apreciablemente bajos. La aprueba G (G=119.0076, 10 d.f., P=0.0), indica que existe diferencia significativa entre la distribución de items a través del tiempo.

**Tabla 5. Porcentaje mensual de items encontrados en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de la presa Tepuxtepec.** Los cladóceros son más frecuentes en todos los meses. El item *Navicula sp.* es más numeroso en los meses de mayo y octubre. Los items insectos y *Cymbella sp.* no aparecen en los meses de marzo, abril y noviembre. Filamento de planta no se detectó en octubre y noviembre, mientras que filamento desconocido solo se presentó en marzo, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, filamento de planta y filamento desconocido presentan los porcentajes más bajos en todos los meses.

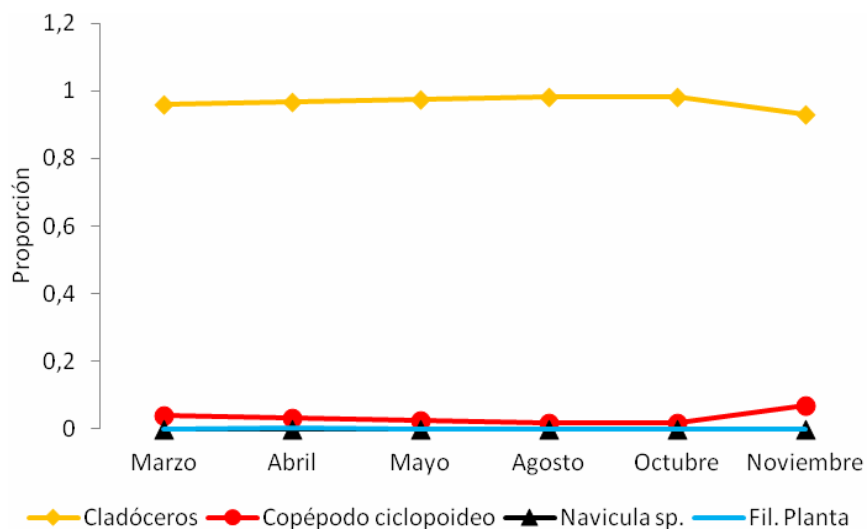
Item	Cladóceros	Copépodo ciclopoideo	Insectos	<i>Navicula sp.</i>	<i>Cymbella sp.</i>	Fil. Planta	Fil. Des.
Marzo	62.9032	20.9677	0	12.9032	0	1.6129	1.6129
Abril	60.9756	17.0731	0	4.8780	0	17.0731	0
Mayo	44.1860	9.3023	6.9767	25.5813	9.3023	4.6511	0
Agosto	67.8160	9.1954	14.9425	3.4482	1.1494	3.4482	0
Octubre	48.5207	6.5088	1.1834	43.1952	0.5917	0	0
Noviembre	59.6153	36.5384	0	3.8461	0	0	0

En la tabla 7, se muestra los volúmenes de los items *Daphnia sp.*, *Bosmina sp.*, copépodo ciclopoideo, filamento de planta (Fil. Planta) y *Navicula sp.*, así como su proporción respecto a *Daphnia sp.* El item más voluminoso es *Daphnia sp.* seguido de copépodo ciclopoideo, mientras que el menos voluminoso es *Navicula sp.* En los tractos digestivos se detectaron con mayor frecuencia los cladóceros *Daphnia sp.* en Tepuxtepec y *Bosmina sp.* en Villa Victoria.

**Tabla 6. Volúmenes relativos de los principales items del tracto digestivo de *C. humboldtianum*.** *Daphnia sp.* es el item más voluminoso, seguido de copépodo ciclopoideo y *Bosmina sp.*; *Navicula sp.* es cuatro órdenes de magnitud menor que *Daphnia sp.* y tres órdenes de magnitud menor que *Bosmina sp.*; *Daphnia sp.* es el cladócero representativo de Tepuxtepec y *Bosmina sp.* de Villa Victoria.

Cladóceros	Volúmen	Proporción respecto a cladóceros	Localidad
<i>Daphnia sp.</i>	2.08146299	1	Tepuxtepec
<i>Bosmina sp.</i>	0.12343346	0.0593013	Villa Victoria
Copépodo ciclopoideo	0.25811792	0.12400793	Tepuxtepec y Villa Victoria
Fil. Planta	0.00447255	0.00214875	Tepuxtepec y Villa Victoria
<i>Navicula sp.</i>	0.00029817	0.00014325	Tepuxtepec y Villa Victoria

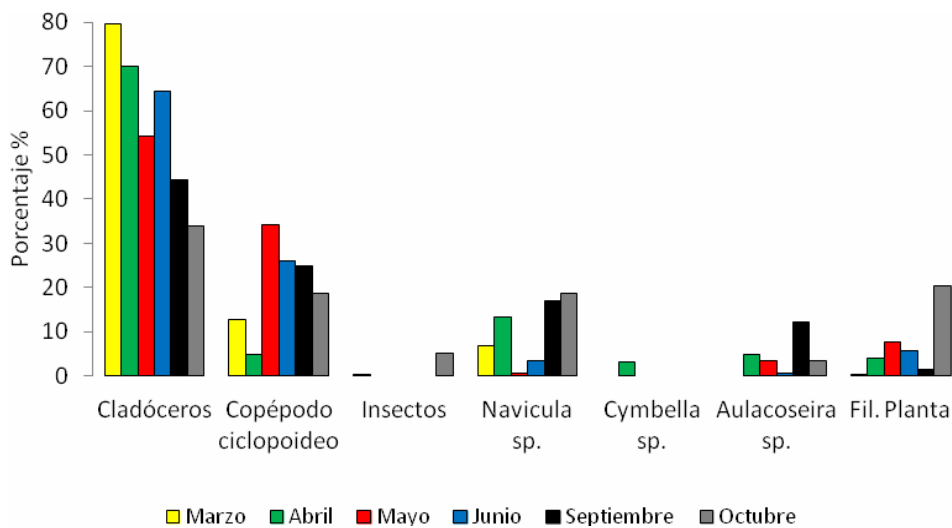
Considerando la proporción del volumen total por item en lugar de la proporción por individuos, se observa en la gráfica 7, que la proporción de cladóceros es mayor y notoriamente más importante que la de copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.* y filamento de planta. El volumen de *Navicula sp.* y filamento de planta es prácticamente nulo.



**Gráfica 7. Se muestra la proporción de los items con el ajuste de acuerdo a su tamaño real según la tabla 7, para la presa Tepuxtepec.** El cladócero más abundante en Tepuxtepec es *Daphnia sp.*, encontrándose *Bosmina sp.* de manera esporádica. Es apreciable que la proporción de cladóceros es más elevada que la de los items copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.* y filamento de planta, durante los seis meses. Sin embargo se observa que la proporción de copépodo ciclopoideo está ligeramente arriba de *Navicula sp.* y filamento de planta (Fil. Planta).

### Villa Victoria

En la gráfica 8, se muestran los porcentajes de los 7 ítems encontrados en los tractos digestivos de *C. humboldtianum*, de los cuales los cladóceros son los más abundantes, con una tendencia a disminuir conforme avanzan los meses. El porcentaje del ítem copépodo ciclopoideo disminuye a partir de mayo y constituye el segundo ítem más importante. Los porcentajes de *Navicula sp.* son menores al 20%. Son apreciables los porcentajes bajos de insectos en marzo y octubre (5% aproximadamente) y de *Cymbella sp.* en abril (menor al 5%). En septiembre el porcentaje de *Aulacoseira sp.* es de 12% aproximadamente, al resto de meses le corresponden porcentajes menores al 5%. Filamento de planta, presenta porcentajes bajos, aunque alcanza un porcentaje ligeramente mayor al 20% en octubre.



**Gráfica 8. Variación mensual en la presa Villa Victoria, de ítems encontrados en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de la clase 9.** Los ítems, cladóceros, copépodo ciclopoideo, *Navicula sp.* y filamento de planta (Fil. Planta), están presentes durante todos los meses, siendo cladóceros el ítem más abundante. Los insectos se presentan en marzo y octubre, *Cymbella sp.*, únicamente en abril y *Aulacoseira sp.* no se encuentra en marzo.

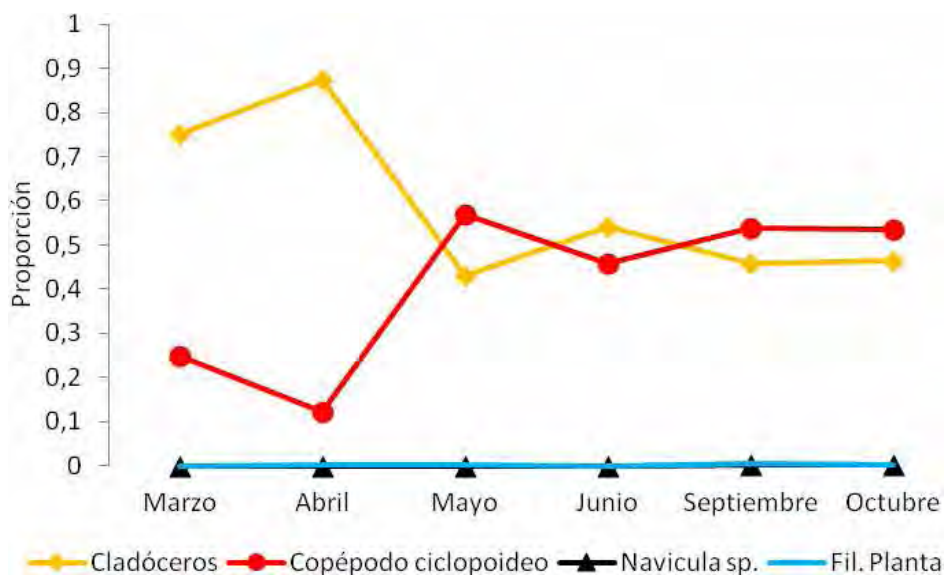
En la tabla 8, se observa que los porcentajes de cladóceros son siempre los más elevados sobretodo en marzo que es de 79.61%. El ítem copépodo ciclopoideo, presenta su porcentaje más bajo en abril de 4.72% y más alto en mayo de 34.07%. *Navicula sp.*, presenta porcentajes mayores al 10% en tres meses (13.38% en abril, 16.93% en septiembre y 18.64% en octubre). Los porcentajes de insectos y *Cymbella sp.* son bajos, el primer ítem sólo se presenta en marzo y octubre, mientras que el segundo únicamente se encuentra en abril. Los porcentajes de *Aulacoseira sp.* son apreciablemente bajos a excepción de septiembre que es de 12.09%. Se aprecia un porcentaje considerable de

20.33% para filamento de planta en octubre. El resultado de la prueba de G (G=154.0199, 15 d.f., P=0.0), arroja que existe diferencia significativa entre la distribución de los items durante los meses.

**Tabla 7. Porcentaje de items encontrados en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* de la presa Villa Victoria en los meses de marzo, abril, mayo, junio, septiembre y octubre.** Los cladóceros, presentan los porcentajes mayores en todos los meses. Copépodo ciclopoideo es el segundo item más abundante, excepto en abril. *Navicula sp.*, presenta porcentajes considerables en abril, septiembre y octubre. Los items *Aulacoseira sp.* y filamento de planta presentan sus porcentajes más elevados en septiembre y octubre respectivamente. *Cymbella sp.* e insectos, cuando se encuentran lo hacen en porcentajes bajos.

Item	Cladóceros	Copépodo ciclopoideo	Insectos	<i>Navicula sp.</i>	<i>Cymbella sp.</i>	<i>Aulacoseira sp.</i>	Fil. Planta
Marzo	79.6116	12.6213	0.4854	6.7961	0	0	0.4854
Abril	70.0787	4.7244	0	13.3858	3.1496	4.7244	3.9370
Mayo	54.1899	34.0782	0	0.5586	0	3.3519	7.8212
Junio	64.2857	26.0204	0	3.5714	0	0.5102	5.6122
Septiembre	44.3548	25.0	0	16.9354	0	12.0967	1.6129
Octubre	33.8983	18.6440	5.0847	18.6440	0	3.3898	20.3389

Considerando la proporción del volumen total por item en lugar de la proporción por individuos, se observa en la gráfica 9, que la proporción de cladóceros es notablemente mayor en marzo y abril. La proporción de copépodo ciclopoideo es ligeramente mayor en mayo, septiembre y octubre, pero dicha proporción sigue siendo similar a la de cladoceros. Las proporciones de *Navicula sp.* y filamento de planta son siempre bajas, aún cuando como proporción por individuos (en abril, septiembre y octubre para *Navicula sp.* y octubre para filamento de planta) son altas.



**Gráfica 9. Proporción de los items con el ajuste de su tamaño real para la localidad de Villa Victoria.** Se observa que la proporción de cladóceros es más elevada en marzo y abril. En mayo, septiembre y octubre, la proporción de copépodo ciclopoideo es ligeramente mayor a la proporción de cladoceros. *Navicula sp.* y filamento de planta (Fil. Planta) se encuentran por debajo de cladóceros y copépodo ciclopoideo en todos los meses, aunque en marzo y abril esta diferencia es más notoria entre estos items y cladóceros.

### **Comparación mensual de items contenidos en muestras de agua y tracto digestivo de *Chirostoma humboldtianum* de la clase de talla 9 en los dos sitios de estudio.**

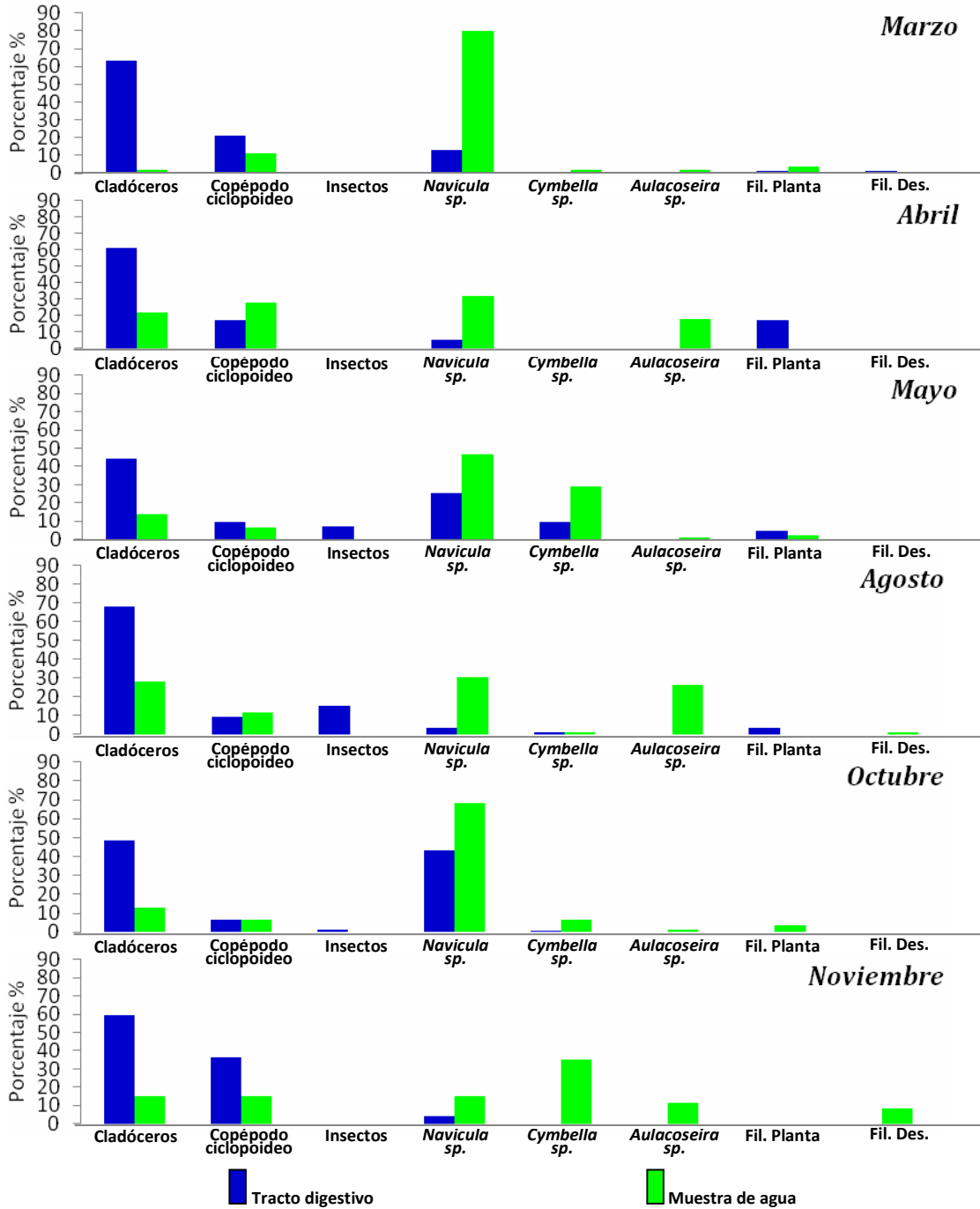
#### ***Tepuxtepec***

En la gráfica 10, se observa que el item cladóceros es el más abundante en el tracto digestivo durante los seis muestreos. En las muestras de agua los items más frecuentes son *Navicula sp.* en marzo, abril, mayo, agosto y octubre y *Cymbella sp.* en noviembre. En marzo, mayo y noviembre los porcentajes de copépodo ciclopoideo son mayores en el tracto digestivo. Únicamente en el tracto digestivo, el item insectos está presente con bajos porcentajes en las muestras de mayo, agosto y octubre. En los seis muestreos el porcentaje de *Navicula sp.* es más elevado en el agua que en el tracto digestivo. El item *Cymbella sp.* no se presenta en abril, mientras que en noviembre sólo se encuentra en la muestra de agua. En los seis muestreos, *Aulacoseira sp.* está presente únicamente en el agua. Filamento de planta (Fil. Planta) aparece ocasionalmente y sin tendencias coherentes. Filamento desconocido (Fil. Des.) se presenta en las muestras de agua de noviembre, mientras que para el tracto digestivo únicamente se encuentra en marzo.

### ***Villa Victoria***

El item cladóceros es el más frecuente en el tracto digestivo durante los seis muestreos. En el medio acuático los items más abundantes son *Aulacoseira sp.* en abril, junio, septiembre y octubre y cladoceros en marzo y mayo (Gráfica 11). En marzo, mayo, junio, septiembre y octubre los porcentajes de copépodo ciclopoideo son más elevados en el tracto digestivo. El item insectos sólo se presenta en el tracto digestivo en marzo y octubre en porcentajes notoriamente bajos. *Navicula sp.* está presente en los seis muestreos tanto en el tracto digestivo como en el medio acuático. En abril *Cymbella sp.* se presenta en el tracto digestivo y muestra de agua. Filamento de planta está presente en las muestras de agua y el tracto digestivo, excepto en mayo donde únicamente se encuentra en el tracto digestivo. Filamento desconocido sólo se presenta en marzo y mayo, en las muestras de agua.

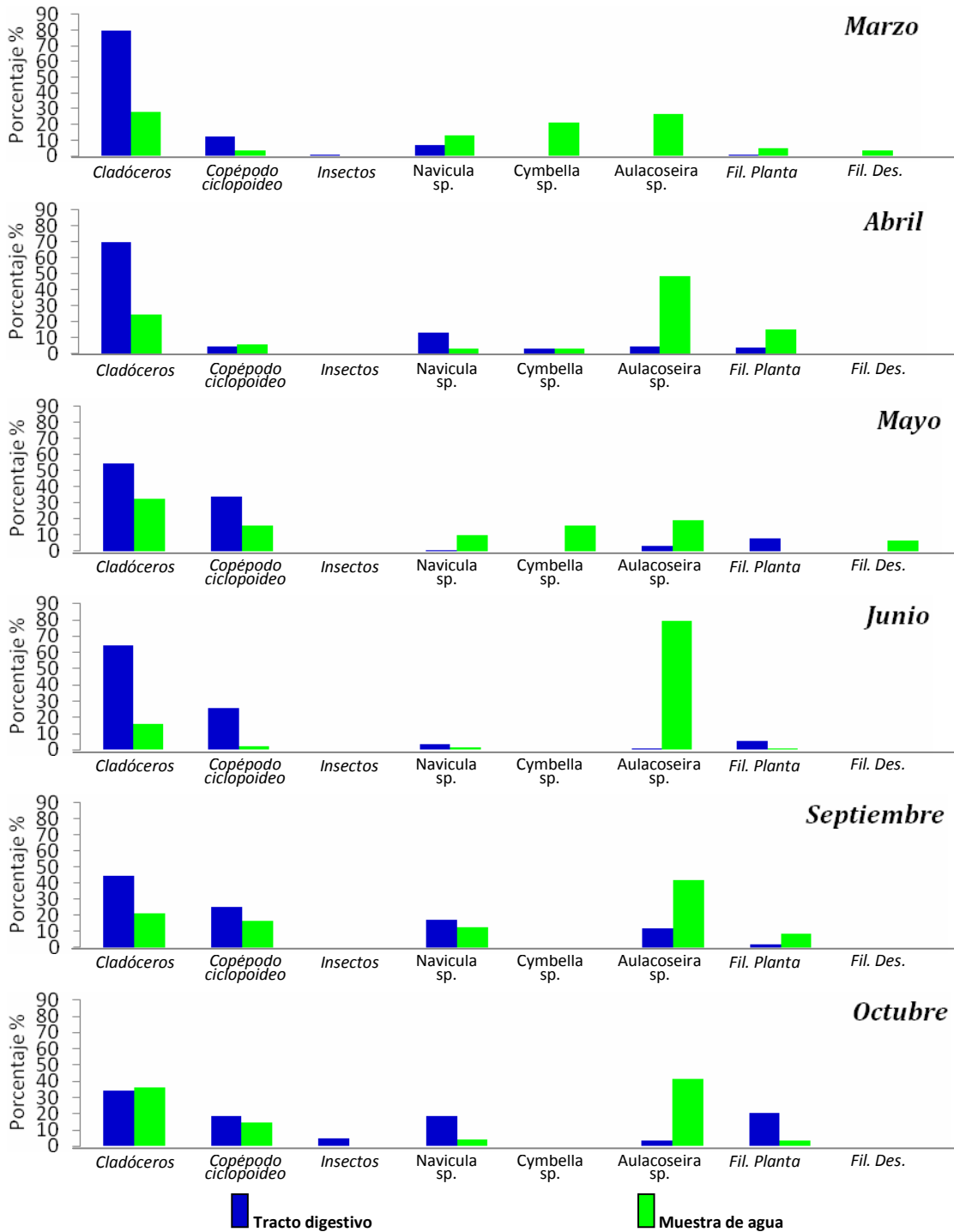
**Tepuxtepec**



**Gráfica 10. Variabilidad a lo largo del tiempo, de items en muestras de agua y tracto digestivo de *C. humboldtianum* de la clase de talla 9, provenientes de la presa Tepuxtepec.** En el tracto digestivo el porcentaje de cladóceros es más alto durante los seis muestreos. En las muestras de agua los items más frecuentes son *Navicula sp.* en marzo, abril, mayo, agosto y octubre y *Cymbella sp.* en noviembre. No se observan tendencias entre los porcentajes del tracto digestivo y medio acuático.



### VillaVictoria



Gráfica 11. Variabilidad a lo largo del tiempo, de los items del tracto digestivo de *Chirostoma humboldtianum* de la clase 9 y muestras de agua de Villa Victoria. En los seis muestreos cladóceros es el item más frecuente en el tracto digestivo. A excepción de mayo, *Aulacoseira sp.* es más abundante en el agua. No se observan tendencias entre los porcentajes del tracto digestivo y las muestras de agua.

## Análisis y discusión de resultados

### Comparación del total de items entre Villa Victoria y Tepuxtepec.

Los items cladóceros y copépodo ciclopoideo son los más numerosos en el tracto digestivo de todos los peces en ambas poblaciones (63.33% y 81.44% respectivamente), el resto de los items son menos numerosos (34.66% y 18.65% respectivamente). Del remanente, sólo los insectos ocupan un volumen importante por individuo en el tracto digestivo y éstos sólo se encontraron en un número pequeño de peces en Villa Victoria; el resto de los items (*Navicula sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Cymbella sp.* y *filamentos*) tienen dimensiones individuales entre 400 y 7000 veces más pequeñas que las de los copépodos y cladóceros, por lo que su volumen es poco importante como alimento (Tabla 2). Este comportamiento alimentario es similar al reportado anteriormente por Suarez en (1997), quien menciona que *C. humboldtianum*, busca alimentarse primordialmente de crustáceos de tamaño pequeño como cladóceros y copépodos, dejando en segundo término a las larvas de insectos de *Cycles*, *odonatos* y *Chironómidos*, sin embargo no reporta individuos de fitoplancton dentro de la dieta de ésta especie, lo cual se atribuye a que utilizó, para su estudio, el tracto digestivo completo y no el primer tercio como lo sugerido por Colautti y Remes en (2001), ya que en el primer tercio del tracto digestivo es mayormente factible detectar organismos con estructuras completas.

La diferencia estadística significativa mostrada entre las pruebas G y Ji-cuadrada se atribuye a los items insectos y *Navicula sp.*, cuyas distancias son más visibles, dado que estas pruebas son más sensibles a encontrar diferencias puesto que suman todas las distancias. Como se observa en la gráfica 2, las curvas se comportan de manera similar, es decir esta especie se alimenta de los mismos items (a excepción de *Aulacoseira sp.* en Tepuxtepec) y en cantidades similares de estos.

La conducta alimentaria general de *C. humboldtianum*, se basa en siete items en la presa Tepuxtepec, y en ocho en Villa Victoria, aunque *Aulacoseira sp.* ocupa un porcentaje poco importante en el tracto digestivo de Villa Victoria, por lo que se considera alimento casual, la tendencia de *C. humboldtianum* es carnívora. El número de items encontrados en el presente trabajo, difiere de lo encontrado anteriormente en otros trabajos sobre espectro trófico, Rodríguez (2006), encontró que *C. humboldtianum* se alimenta de 21 tipos de organismos, mientras que Navarrete, *et al.* (2007), menciona que dicha especie se alimenta de 16 grupos), en los que el número de items es mayor; entre los factores que contribuyeron a reportar un número más pequeño de items figuran la imposibilidad de identificación de algunos items a nivel de especie, la ausencia de items poco abundantes

que no fueron detectados por el pequeño tamaño de campo utilizado para los conteos (18 mm<sup>2</sup>), falta de habilidad para identificar restos de items de fácil degradación como los rotíferos, la ausencia de items de ordenes de magnitud inferiores al número de aumentos y tamaño de rejilla de la cámara de conteo utilizada.

La menor proporción de cladóceros y copépodos (52.04% < 61.14% y 13.28% < 20.29%) en Tepuxtepec se compensa con la ingesta de insectos (11.15% > 0.74), los cuales son más importantes en biomasa que *Navicula sp.*, por lo que un aumento en ésta última es poco relevante en términos alimentarios (Tabla 2). El efecto de compensación sugiere que *C. humboldtianum* en ambos sitios se alimenta de los mismos items, y que entre ellos prefiere los de tipo animal, por lo que se refuerza la aseveración de que es un organismo preferentemente carnívoro. Esto concuerda con lo señalado por Martínez *et al.* (2002), quien menciona que las especies del género *Chirostoma* como es el caso particular de *Chirostoma estor estor*, poseen tractos digestivos característicos de un pez carnívoro dado que la proporción del tracto digestivo es de 1:7 en relación con su longitud total, el pH se mantiene en 6.5 en la parte anterior y en 8 en la parte media y posterior.

De acuerdo a la tabla 3, los porcentajes del grupo fitoplancton son secundarios en ambas localidades (17.37 y 9.27%). El grupo plantas, presenta porcentajes similares (17.37 y 9.27%) aunque bajos, mientras que el grupo elemento desconocido es esporádico (0.08 y 1.15%), probablemente los últimos dos grupos sean tragados por el pez al abrir el hocico en la captura de sus presas, por lo que en el espectro trófico de *C. humboldtianum* constituyen alimentos ocasionales de acuerdo con el criterio de Jiménez y Nepita (2000).

Respecto al grupo insectos, la diferencia en porcentajes es notoria con 11.15% para Tepuxtepec y 0.74% para Villa Victoria (Tabla 3). Este grupo es cazado por *C. humboldtianum* en su papel de depredador, por lo tanto la diferencia de porcentajes se debe al tipo de medio acuático el cual es completamente diferente, mientras que en Tepuxtepec es turbio y al pez no le es fácil visualizar a sus presas, en Villa Victoria es más transparente, luego entonces, el éxito de que *C. humboldtianum* caze o no a un insecto depende probablemente del insecto y no de él. Así a *C. humboldtianum*, le es más fácil cazar insectos en Tepuxtepec, dado que el insecto tiene menor oportunidad de detectar a su depredador en un medio menos transparente. Los insectos se han observado también en otros trabajos como los de Figueroa *et al.* (1993) y Suarez (1997).

#### **Variación de la cantidad de items por clases de talla de Tepuxtepec.**

En todas las clases de talla, el item más abundante es el cladóceros *Daphnia sp.*, el cual es el más importante de Tepuxtepec por su abundancia y tamaño (Grafica 4). Varela y Cruz

(1993), mencionan al género *Daphnia* como uno de los alimentos ingeridos por cualquier clase de talla del pez *C. humboldtianum*. De hecho en el cultivo de ésta especie suele utilizarse como alimento a cladóceros entre otros organismos, por ejemplo el trabajo de Blancas *et al.* (2003), donde se alimentó a juveniles y adultos de entre 7 y 17 cm con los géneros *Daphnia* y *Moina*; del género *Daphnia* específicamente se emplearon las especies *Daphnia pulex* y *Daphnia magna*.

En las tallas 7, 9 y 11, el porcentaje de insectos es mayor al de copépodo ciclopoideo. En la talla 13 donde no hay insectos, el porcentaje de cladóceros es claramente mayor al porcentaje de cladóceros de las clases 5, 7, 9 y 11 (Tabla 4). Lo anterior, indica que se sustituye un ítem por otro, en éste caso insectos por copépodo ciclopoideo. *C. humboldtianum* ingiere porcentajes notoriamente altos de ítems de origen animal, lo cual es notorio al sumar los porcentajes de los ítems cladóceros, copépodo ciclopoideo e insectos; éstos son mayores a la suma de los porcentajes de *Navicula sp.*, *Cymbella sp.* y filamento de planta.

Los porcentajes de los ítems *Navicula sp.*, *Cymbella sp.* y filamento de planta son considerablemente altos, sin embargo, por su pequeño volumen no son importantes en biomasa y dado que su proporción individual es variable, es factible que éstos ítems entren en el tracto digestivo casualmente, cuando los peces abren la boca para alimentarse o al ser atrapados por la red de pesca en su intento por jalar agua para el intercambio gaseoso. Lo anterior se fundamenta en que el tamaño de *Navicula sp.* y *Cymbella sp.* es muy pequeño (unas 10 micras según, Baldwin y Chandler (1959), por lo que es factible que no sean conscientemente elegidas por el pez. Algunos autores como Luna (2001) y Watanabe *et al.* (1983), informan sobre la composición nutrimental de algas, sin embargo debido a su pequeño tamaño la aportación nutricia para *C. humboldtianum*, tampoco es relevante, por lo que su presencia en los tractos digestivos puede considerarse circunstancial.

#### **Variación de la cantidad de ítems por clases de talla de Villa Victoria.**

En la talla 3, la ingesta de cladóceros es menor a la de copépodos ciclopoideos (Grafica 5). Ya que en Tepuxtepec no se contó con tallas comparables, no es posible asegurar que la menor cantidad de cladóceros y mayor de copépodos sea característica de las tallas pequeñas, sin embargo, el pequeño tamaño de los peces de talla 3.0 es un factor limitante en la capacidad de atrapar presas grandes y móviles. En diferentes trabajos se informa sobre la ingesta de copépodos en peces de tallas entre 2.0 y 8.0 cm, por ejemplo en Navarrete y Cházaro (1987).

La cantidad de presas necesarias para alcanzar la alimentación a saciedad es incierto y por ello motivo de experimentación en proyectos futuros.

Ya que en Villa Victoria, copépodo ciclopoideo posee un volumen mayor al de cladóceros, el hecho de que se encuentre una mayor cantidad de copépodo ciclopoideo implica que el tamaño de presa es un factor fundamental, ya sea por tamaño o visibilidad. *Navicula sp.* y los filamentos presentan porcentajes apreciablemente altos, sin embargo, por su volumen no son importantes. La no ingesta de insectos aunada al incremento en consumo de copépodos y cladóceros en la clase de talla 9, implica que a falta de éstos últimos, los peces tienden a compensar con otros items de origen animal como insectos. *Navicula sp.* y filamento de planta aunque presentan porcentajes altos, debido a su volumen tampoco son importantes como biomasa alimentaria (Tabla 5).

### **Comparación de la cantidad de items por meses de muestreo para Tepuxtepec.**

No se observa ningún patrón coherente a lo largo de los muestreos, con excepción del item copépodo ciclopoideo, cuya abundancia disminuye a partir de marzo hasta octubre, volviéndose a incrementar en noviembre. Independientemente de lo anterior, resalta que en todos los casos el item cladóceros es el más abundante y en su conjunto el grupo zoopláncton resulta el más abundante.

En Tepuxtepec la importancia de *Navicula sp.* en mayo y octubre es aparente, ya que su proporción en el tracto digestivo se estima a partir del número de organismos y no del volumen que ocupan. Si consideramos el volumen, los items más voluminosos por individuo son cladóceros y copépodos. En la tabla 7, se observa que entre los cladóceros, *Daphnia sp.* es más voluminoso que copépodo ciclopoideo y que *Bosmina sp.*, así mismo, copépodo ciclopoideo es más voluminoso que *Bosmina sp.*; La corrección en base a los volúmenes individuales por item indica que no hay diferencia en los niveles de cladóceros a lo largo de los muestreos, lo cual considero debe analizarse más a fondo como producto de un estudio futuro.

En la tabla 6, se observa que al disminuir la cantidad de copépodo ciclopoideo en mayo, agosto y octubre, aumenta la cantidad de insectos, lo que se puede interpretar como una tendencia a compensar un item por otro. Al ser de origen animal, ambos items son parte de una dieta carnívora. Durante marzo, abril y noviembre cuando el porcentaje de copépodo ciclopoideo es alto no hay ingesta de insectos. *C. humboldtianum* como pez compensador no se ha reportado en otros estudios sobre el espectro trófico de esta especie, cabe destacar que Navarrete y Cházaro (1987), observaron en *C. humboldtianum*

una tendencia a complementar con items de origen animal (*Ceriodaphnia* por *Daphnia*, *Bosmina* y *Diaptomus*).

### **Comparación de la cantidad de items por meses de muestreo para Villa Victoria.**

Considerando la proporción por individuos, es notable que los items *Navicula sp.*, en abril, septiembre y octubre y filamento de planta en octubre son importantes, en cambio al considerar la proporción por el volumen que ocupan, la importancia de esos items es claramente baja. A partir de la proporción por volumen, copépodo ciclopoideo resulta ser el más voluminoso en Villa Victoria, no obstante, cladóceros continúa siendo el item mayormente ingerido lo cual es más notorio en marzo y abril, con ello se corrobora la preferencia de cladóceros por parte de *C. humboldtianum* (Gáfica 7).

En cladóceros y copépodo ciclopoideo se observa una tendencia a disminuir, en los otros items no se distinguen patrones coherentes a lo largo de los muestreos. Cladóceros es el item más frecuente seguido de copépodo ciclopoideo, por lo que zooplancton constituye el grupo más abundante en el tracto digestivo de *C. humboldtianum* (Gáfica 8).

En la tabla 8 se observa que, excepto por abril cuando disminuye la cantidad de copépodo ciclopoideo en marzo y octubre, se presenta una mayor proporción de insectos, indicando que, *C. humboldtianum* sustituye al item copépodo ciclopoideo por insectos. En mayo, junio y septiembre cuando la cantidad de copépodo ciclopoideo es considerable no hay ingesta de insectos.

### **Comparación entre la cantidad de items del tracto digestivo y las muestras de agua de la presa Tepuxtepec.**

Cladóceros siempre es el item más frecuente en el tracto digestivo independientemente de su abundancia en el medio acuático, lo que refuerza lo obtenido durante el análisis de contenidos totales, clases de talla y variación mensual. Debido a su pequeño tamaño, los items que pertenecen al fitoplancton no son importantes volumétricamente como para ser considerados elementos primordiales en la dieta de *C. humboldtianum*. Así mismo, por su abundancia y tamaño, los copépodos podrían considerarse como fuente secundaria de alimentación después de los cladóceros. Los insectos son elementos complementarios en la dieta al disminuir la abundancia de las presas principales (cladóceros y copépodos) en el medio (Gáfica 10).

El resultado del análisis cualitativo de las gráficas 10 y 11, es suficiente dado que el comportamiento de los volúmenes de cladóceros y copépodos siempre es constante (su

volumen siempre es mayor al de los otros items), es decir, no es necesario aplicar pruebas estadísticas ya que el evento contrario no se ha detectado. Por lo anterior y por lo expuesto en el párrafo anterior, se puede concluir que el comportamiento alimentario de *C. humboldtianum* no está exclusivamente en función de la disponibilidad de alimento en el medio.

El item cladóceros es siempre el más abundante en el tracto digestivo, en tanto que en el agua a excepción de noviembre, el item más frecuente es *Navicula sp.*, lo que indica que *C. humboldtianum* es selectivo de los cladóceros, en primer lugar y secundariamente de copépodo ciclopoideo (Grafica 10). La selección por cladóceros ha sido observada con anterioridad por Sanchez (1995) ya que menciona que en el embalse Danxhó, *Chirostoma humboldtianum* realiza una depredación selectiva sobre *Bosmina* y *Daphnia*. De acuerdo a Castro (2004), la concha transparente que rodea el cuerpo de un cladóceros, permite ver sus órganos internos, especialmente, el tubo digestivo de color amarillento, el corazón con sus pulsaciones rítmicas y sus huevos que son de color oscuro, por lo anterior, en el medio acuático los cladóceros a diferencia de los copépodos tienen mayor probabilidad de ser vistos por *Chirostoma humboldtianum* y así depredarlos.

Por su tamaño y porcentaje copépodo ciclopoideo es el segundo item más importante encontrado en el tracto digestivo. Aunque en agosto insectos se ubica como el segundo item más importante, su porcentaje es apenas superior al de copépodo ciclopoideo. El cuerpo de un copépodo ciclopoideo es transparente y aunque en algunas especies se observa color (Castro, 2004), las especies encontradas eran transparentes, lo que implica una mayor oportunidad de no ser visto por *C. humboldtianum*.

### **Comparación entre la cantidad de items del tracto digestivo y las muestras de agua de la presa Villa Victoria.**

El porcentaje de cladóceros es siempre más elevado en el tracto digestivo, en tanto que en el agua excepto por mayo, *Aulacoseira sp.* es más frecuente, lo que indica que también en este sitio de muestreo, el pez muestra preferencia por cladóceros (Grafica 11).

Como se mencionó en la tabla 7, el volumen del cladocero dominante en Villa Victoria (*Bosmina sp.*) es menor al volumen de copépodo ciclopoideo, indicando que para Villa Victoria copépodo ciclopoideo es más importante debido a su volumen, sin embargo su abundancia en el tracto digestivo es secundaria, mientras que la ingesta de cladóceros es mayor, lo que reafirma la preferencia de cladóceros por parte de *C. humboldtianum*.

Para insectos, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, filamento de planta (Fil. Planta) y filamento desconocido (Fil Des.) no existen tendencias. Por otra parte debido a su pequeño tamaño,

las abundancias de *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.* y filamentos no son importantes en el tracto digestivo.

Por lo anterior se presume que el hábito alimentario de *C. humboldtianum* no depende fundamentalmente de la disponibilidad de alimento en el agua y que muestra favoritismo por cladóceros y copépodo ciclopoideo como alimento secundario. Por su abundancia los copépodos ciclopoideos son los más exitosos en el plancton de agua dulce (Campos y Suárez, 1994), a pesar de ello, no son alimento preferente de *Chirostoma humboldtianum*.



## Conclusiones

El espectro trófico muestra que: en tractos digestivos de *C. humboldtianum* de Villa Victoria y Tepuxtepec se presentan los items cladóceros, copépodo ciclopoideo, insectos, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, filamento de planta y filamento desconocido; *Aulacoseira sp.* se registra únicamente para la presa Villa Victoria; *Daphnia sp.* es el cladóceros dominante de Tepuxtepec y *Bosmina sp.* el cladóceros dominante de Villa Victoria.

A lo largo del tiempo, *C. humboldtianum* ingiere cantidades mayores de cladóceros, mientras que en el tracto digestivo, las abundancias de copépodo ciclopoideo, insectos, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.*, filamento de planta y filamento desconocido son variables.

*C. humboldtianum* es un pez cazador, carnívoro, zooplanctófago, selectivo.

El alto consumo de zooplancton, hace de *C. humboldtianum* un pez fundamentalmente zooplanctófago.

Una característica de *C. humboldtianum* en ambas presas, es la sustitución de un item por otro, ambos de origen animal, lo que refuerza la aseveración de que es un pez carnívoro.

Por su tamaño y volumen individual, la influencia de los items *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.*, filamento de planta y filamento desconocido, en el total del contenido en el tracto digestivo es insignificante, ya que el más voluminoso de estos items resulta menor a 1/400 del tamaño promedio que el cladóceros más pequeño (*Bosmina sp.*), y hasta 1/7000 veces más pequeño que el cladóceros promedio más grande (*Daphnia sp.*).

Por su frecuencia, los items *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Aulacoseira sp.*, filamento de planta y filamento desconocido aparecen con importancia comparativa a la de los items principales, sin embargo, la frecuencia ponderada con su volumen indica que su verdadera importancia como alimento es insignificante.

El hábito alimentario de *C. humboldtianum* no depende de la disponibilidad de alimento en el medio acuático. El alimento primario de *C. humboldtianum* son los cladóceros, mientras que su alimento secundario son los copépodos ciclopoideos.

Por volumen y posiblemente por contenido nutricional de los items consumidos, las mejores condiciones alimentarias de la población de Tepuxtepec contribuyen a explicar las diferencias en talla entre ambas poblaciones.

## Sugerencias

Respecto a la cámara Neubauer se sugiere que se aumente el campo de conteo, para incrementar los conteos y eficiencia.

Se recomienda hacer estudios sobre el método y órgano(s) de los sentidos que *C. humboldtianum* utiliza para cazar a sus presas, ya que ello aportaría información sobre los factores tamaño, color, aroma y tacto, lo cual ayudaría a comprender la importancia de los mecanismos de selectividad de los diferentes items en su dieta y aportaría elementos para la preparación de alimentos balanceados.

Se recomienda que en posteriores estudios de peces zooplanctófagos se considere el volumen individual por items, lo que aportará información independiente de la frecuencia sobre la repercusión del volumen relativo de cada item en la dieta.

## Bibliografía

Alaye, R. N. (1993). "El pescado blanco (género *Chirostoma*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, composición de especies", *Ciencias Pesqueras* 9: 113-128 pp.

Alayo, M., J. Lannacone y A. Arrascue (2004). "Sensibilidad al Cromo: microbiopruebas con las diatomeas marinas *Isochrysis galbana* Parke y *Chaetoceros gracilis* Schütt", *Ecología Aplicada* 3(1-2): 154-161 pp.

Alonso, M. (1984). Potencial consultivo en embalses. Cuba, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: 6 pp.

Altamirano, L. M., H. D. Toledo, C. A. Rodríguez y L. G. Figueroa (2005). "*Chirostoma humboldtianum* como modelo *in vitro* para el estudio de embriotoxicidad de metales pesados. I. Cloruro de Cadmio", *Rev. Int. Contam. Ambient.* 21(1): 71-77 pp.

Álvarez, C. J. N., L. U. Ordoñez, L. D. Valdés, M. A. R. Almaral y S. A. Uicab (2007). "Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, mar Caribe de México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 421-430 pp.

Álvarez del Villar, J. L. (1970). Peces mexicanos (claves). México, Comisión Nacional Consultiva de Pesca: 166 pp.

Álvarez, J. (1950). Claves para determinación de especies en los peces de las aguas continentales mexicanas. México, Secretaría de Marina, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas: 143 pp.

Amezcuca, G. C. A. (2007). Relaciones tróficas entre el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) en la costa de los estados de Jalisco y Colima, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S., Instituto Politécnico Nacional. Tesis de maestría: 108 pp.

APHA, AWWA y WPFC (1986). Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, 874 pp.

Armendáriz, Y. M. A., S. N. A. Navarrete, G. E. Fernández, G. G. Vázquez y Z. E. S. Urrieta (2008). "Relaciones tróficas de los peces del embalse San Miguel Arco, de Soyaniquilpan, Estado de México", *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 14(001): 33-38 pp.

Baldwin, W. H. y W. G. Chandler (1959). Fresh-Water Biology. 2ª, W. T. Edmondson, New York, 1270 pp.

Barbour, C. D. (1973a). "A Biogeographical History of *Chirostoma* (Pisces:Atherinidae): A Species Flock from the Mexican Plateau", COPEIA 3: 533-556 pp.

Barbour, C. D. (1973b). "The systematics and evolution of the genus *Chirostoma Swaison* (Pisces, Atherinidae)", Tulane Studies of Zoology and Botany 18: 97-141 pp.

Blancas, A. G. A. (2007). Desarrollo Ovárico y su relación con los niveles hormonales circulantes de 17 $\beta$ -estradiol y 17 $\alpha$ -hidroxiprogesterona durante el primer ciclo reproductivo en hembras del pez blanco, *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes 1835. Unidad Iztapalapa. México D. F., Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de doctorado: 172 pp.

Blancas, A. G. A., L. G. Figueroa, S. I. d. I. A. Barriga y F. J. L. Arredondo (2003). Aportaciones al cultivo del pez blanco *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinopsidae). Historia y avances del cultivo de pescado blanco. México: 155-168 pp.

Blancas, A. G. A., L. G. Figueroa, S. I. d. I. A. Barriga y F. J. L. Arredondo (2004). "Effects of an artificial photothermal cycle on the reproduction of the shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae) ", Aquaculture 241: 575-585 pp.

Campos, H. A. y M. E. Suárez (1994). Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe, I. Biología y Sistemática. 1<sup>a</sup>, México, 373 pp.

Cardona, M. W., J. Berdugo y Cadavid, A. (2008). "Comparación de la concentración espermática usando la cámara de Makler y la cámara Neubauer", Actas Urológicas Españolas 32(4): 443-445 pp.

Castro, B. T. (2004). Alimento vivo para organismos acuáticos. 1<sup>a</sup>, AGT Editor, S. A., México, 133 pp.

CETENAL (1974). Villa de Allende. Carta topográfica, 1<sup>a</sup>, México, 1:50,000.

CETENAL (1975). Villa de Allende. Carta Geológica, 1<sup>a</sup>, México, 1:50,000.

CETENAL (1993). Amealco. Carta edafológica, 1<sup>a</sup>, México, 1:50,000.

Colautti, D. C. y L. M. Remes (2001). "Alimentación de la carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758) en la laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires, Argentina", Ecología Austral 11: 68-78 pp.

Dawson, B. y R. G. Trap (2004). Basic & clinical biostatistics. 4<sup>a</sup>, MacGraw-Hill Companies, Inc., Norwalk, 329 pp.

Del Río, G. S. L. (2004). Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la sobrevivencia de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae) durante el desarrollo temprano. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México D. F., Instituto Politécnico Nacional. Tesis de Licenciatura: 50 pp.

DETENAL (1978). El oro de Hidalgo. Carta geológica, 1ª, México, 1:50,000.

DETENAL (1979). El Oro de Hidalgo. Carta edafológica, 1ª, México, 1:50,000.

Díaz, F., A. Vega, J. Vásquez y H. Bastias (2005). Diversidad trófica del Bilagay *Cheilodactylus variegatus* (Pisces: Cheilodactylidae) en huirales de *Lessonia trabeculata* y *acrocystis integrifolia* en el norte de Chile (28-30°S). XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del mar, Viña del Mar, Chile, Escuela de Ciencias del mar Pontificia, Universidad católica de Valparaíso, 38 pp.

Dyer, B. S. y B. Chernoff (1996). "Phylogenetic relationships among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorpha)", *Zoological Journal of the Linnean Society* 117: 1-69 pp.

Figueroa, L. G., L. C. Fuentes, R. Hernández y J. L. Arredondo (1993). Variación estacional del espectro trófico de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae). Memorias del congreso Primera Reunión Nacional de Atherinópsidos, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México D. F., 61 pp.

Freund, J. E. y R. M. Smith (1990). Estadística. 4ª, Prentice Hall Hispanoamericana, S. A., México, 632 pp.

García de Jalon, L. D., R. M. Mayo, R. F. Hervella, C. E. Barcelo y C. T. Fernández (1993). Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales. 1ª, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 248 pp.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., 90 pp.

Granado, L. C. (2002). Ecología de peces. 1ª, Sevilla, 361 pp.

Gutiérrez, O. H. I. (2007). Medición de parámetros morfométricos por medio de imágenes digitalizadas. México, FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, reporte: 40 pp.

Gutiérrez, O. H. I. (2009). Morfometría de *Chirostoma humboldtianum* en las presas Villa Victoria, Edo. de México y Tepuxtepec en el estado de Michoacán. México D. F., Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Autónoma de México. Tesis de Licenciatura: 128 pp.

Gutiérrez, O. H. I., F. R. Reyes, H. A. Valencia y G. M. Tapia (2006). X Congreso Nacional de ictiología. Crecimiento en tiempo de dos poblaciones de *Chirostoma humboldtianum* por el método de Corrimientos de Talla, Universidad Autónoma de Querétaro.

Hanke, J. (2010). Google Earth (version 5.1.3534.0411) [Software de cómputo]. E.U.A. Keyhole, Inc y Google.

Hyslop, E. J. (1980). "Stomach contents analysis a review of methods and their application", *Journal of Fish Biology* 17(4): 411-429 pp.

INAFED (1999). Enciclopedia de los municipios de México. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán. Michoacán México. [http://www.emexico.gob.mx/work/EMM\\_1/Michoacán/Mpios/16017a.htm](http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacán/Mpios/16017a.htm).

INAFED (2005a). Enciclopedia de los Municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. Estado de México. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15114a.htm>.

INAFED (2005b). Enciclopedia de los municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán. Michoacán. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/michoacan/mpios/16031a.htm>.

INEGI (1996). Amealco. Carta topográfica, 2ª, México, 1:50,000.

INEGI (1999). El Oro de Hidalgo. Carta topográfica, 2ª, México, 1:50,000.

Islas, S. H. y G. C. M. Villagomez (1999). Crecimiento Corporal de *Chirostoma humboldtianum* en la presa Villa Victoria, Edo. de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México D. F., Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura: 72 pp.

Jiménez, B. M. d. L. y V. M. R. Nepita (2000). "Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México", *Rev. biol. trop* 48(2-3): 487-494 pp.

Leal, S., G. Delgado, G. Rodríguez, R. J. López, E. Alfonso y F. Nodas (2003). "Crecimiento de microalgas marinas con diferentes productos zeolíticos", *Rev. Invest. Mar.* 24(1): 57-62 pp.

Luna, F. J. (2001). "Alimento vivo: importancia y valor nutritivo", *Ciencia y desarrollo* 27(166): 71-77 pp.

Martínez, P. C. A., D. M. G. Ríos, M. A. Campos, C. M. Toledo y L. G. Ross (2002). Avances en el cultivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor, estor*. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún Quintana Roo, México: 336-349 pp.

Meza, G. O. R., F. J. Benítez, D. M. Paredes y V. M. González (2002). Descripción histológica del sistema digestivo en larvas de *Chirostoma humboldtianum* en la primera alimentación exógena. México D.F., Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional: 313-322 pp.

Meza, G. O. R. y I. G. Figueroa (2002). Crecimiento, sobrevivencia y desarrollo mandibular en larvas del Pez Blanco *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae), bajo condiciones de laboratorio. México, D. F., Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional: 606-616 pp.

Moncayo, L. M. E., G. E. Uria y G. R. García (1993). Madurez ovárica de *Chirostoma humboldtianum* del embalse Huapango, Edo. de México. Memorias del congreso Primera Reunión Nacional de Atherinópsidos, Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F., Iztapalapa, 61 pp.

Navarrete, S. N. A., R. J. Aguilar, D. J. M. González y G. E. Fernández (2007). "Espectro trófico y trama trófica de la ictiofauna del Embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México", Revista de zoología 18: 1-12 pp.

Navarrete, S. N. A. y O. S. Cházaro (1987). "Espectro trófico del Charal *Chirostoma humboldtianum* del embalse San Felipe Tiacaque, Estado de México", Revista de zoología 3: 23-34 pp.

Navarrete, S. N. A., C. J. Hernández y G. E. Fernández (2006). "Hábitos alimentarios de *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes (1835) en el embalse San Miguel Arco, Municipio de Soyaniquilpan, Estado de México", Revista de zoología 17: 18-27 pp.

Núñez, G. L. G. (2000). Atención de emergencias de vida silvestre peces, manual de muestreo, fascículo 3. México, Universidad Autónoma Metropolitana: 43 pp.

Núñez, G. L. G., F. G. L. Arredondo, L. G. Figueroa, A. A. L. Ibañez y C. A. Rodríguez (2003). Sobrevivencia y crecimiento de huevos y larvas de *Chirostoma humboldtianum* en el agua del lago Metztlán, Hgo. Memorias del congreso Primera Reunión Nacional de Atherinópsidos, Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F., Iztapalapa, 61 pp.

Ortega, M. M. (1984). Catálogo de algas continentales recientes de México. México D. F., Universidad Nacional Autónoma de México: 566 pp.

Paniagua, G. L., E. Monroy, M. Perches, E. Negrete, O. García y S. Vaca (2006). "Antibiotic and heavy metal resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from charal (*Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835)", *Hidrobiológica* 16(1): 75-80 pp.

Pennack, R. W. (1978). *Fresh-Water Invertebrates of the United States*. 2ª, A Wiley-Interscience publication, Colorado, 824 pp.

Rivera, M. G. (2005). Preferencia alimentaria en juveniles y adultos de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) bajo condiciones de laboratorio. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México D. F., Instituto Politécnico Nacional. Tesis de Licenciatura: 68 pp.

Rodríguez, C. N. (1999). Estudio del plancton en la presa Villa Victoria, Estado de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México, Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de licenciatura: 79 pp.

Rodríguez, R. J. L. (2006). Espectro trófico de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes); (Pisces: Atherinopsidae) en el estanque JC en Soyaniquilpan, Edo. de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México D. F., Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura: 41 pp.

Sanchez, M. R. (1995). Selección del plancton por peces del género *Chirostoma*. Facultad de Ciencias, división de estudios de posgrado. México D. F., Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de maestría: 103 pp.

Schwoerbel, J. (1975). *Métodos de Hidrobiología (Biología de agua dulce)*. 1ª, H. Blume ediciones, España, 273 pp.

Siegel, S. y N. J. Castellan (1995). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 2ª, Ed. Trillas, México, 437 pp.

Silva, B. A. M., C. Sili y G. Torzillo (2008). "Cyanoprocaryota y microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica", *Revista de Biología Tropical* 56(4): 221-235 pp.

Sokal, R. R. y J. F. Rohlf (1979). *Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. 1ª, H. Blume ediciones, Nueva York, 845 pp.

Sokal, R. R. y J. F. Rohlf (1994). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3ª, Freeman, New York, 832 pp.

Solorzano, P. A. (1961). *Contribución al conocimiento de la biología del Charal Prieto del Lago de Patzcuaro, Mich.* México, Secretaría de Industria y Comercio: 70 pp.



Soria, B. M. y M. J. Paulo (2005). "Morfometría comparada del aparato mandibular en especies de *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán México", *Hidrobiológica* 15(2): 161-168 pp.

Suarez, N. V. (1997). Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios y nutricionales del charal *Chirostoma sp.* para la formulación de balanceados en su alimentación artificial. FES Zaragoza. México, Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de licenciatura: 95 pp.

Trujillo, J. P. y H. B. Toledo (2007). "Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae)", *Rev. biol. trop.* 55(2): 603-615 pp.

Uria, G. E., L. M. E. Moncayo y G. R. Garibay (1998). "Desarrollo y madurez testicular del charal *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinidae), del embalse Huapango, Edo. de México", *Hidrobiológica* 8(1): 9-18 pp.

Varela, R. y G. A. Cruz (1993). Selección alimenticia del charal *Chirostoma humboldtianum*. Memorias del congreso Primera Reunión Nacional de Atherinópsidos, Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F., Iztapalapa, 61 pp.

Vega, M. E., F. Díaz y S. Espinoza (2004). "Balance energético de juveniles de *Chirostoma estor estor* (Jordan, 1879) (Pisces, Atherinopsidae) en relación con el tamaño corporal", *Hidrobiológica* 14(2): 113-120 pp.

Watanabe, T., C. Kitajima y S. Fujita (1983). "Nutritional values of live organism used in Japan for mass propagation of fish: a review", *Aquaculture* 34(1): 115-143 pp.