



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Coordinación de Estudios de Posgrado
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

**“Hábitos alimentarios del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro,
Michoacán, México”.**

Tesis que presenta:

BERENICE ELENA VITAL RODRIGUEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

TUTOR: Dr. Omar Domínguez Domínguez

CO-TUTOR: Dr. Javier Caraveo Patiño

Morelia, Mich. Agosto de 2011

INDICE

I. RESUMEN GENERAL	1
II. ABSTRACT	2
III. INTRODUCCIÓN	3
IV. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	8
V. OBJETIVOS	9
V.1 Objetivo general	9
V.1.1 Objetivos particulares	9
VI. ÁREA DE ESTUDIO	10
VI.1 Situación geográfica	10
VI.1.1 Características del lago de Pátzcuaro	10
VII. MÉTODOS Y TÉCNICAS	15
VII.1 Temporada y sitios de colecta	15
VII.2 Muestreo	15
VII.2.1 Análisis previos	15
VII.2.1.1 Obtención de submuestras	15
VII.2.1.2 Muestreo de presas	16
VII.3 Análisis de muestras para contenido estomacal	16
VII.4 Parámetros fisicoquímicos	18
VII.5 Análisis cuantitativo	18
VII.6 Análisis cualitativo	20
VII.7 Amplitud de dieta	20
VII.8 Posición trófica	21
VII.9 Análisis de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$	22
VII.9.1 Preparación de tejidos	22
VII.9.2 Obtención de valores de las firmas isotópicas	22

VII.10 Cálculo de la posición trófica	23
VII.11 Análisis estadístico	23
VII.12 División del lago de Pátzcuaro con el análisis de isótopos	24
VIII. RESULTADOS	26
VIII.1 Número de muestras para el análisis de contenido estomacal	26
VIII.2 Parámetros fisicoquímicos	26
VIII.3 Presas en el ambiente	29
VIII.4 Clases de talla	30
VIII.5 Gama trófica	31
VIII.5.1 Localidad de Ucasanastacua	32
VIII.5.1.1 Frecuencia	33
VIII.5.1.2 Área	33
VIII.5.2 Localidad de San Jerónimo	35
VIII.5.2.1 Frecuencia	36
VIII.5.2.2 Área	36
VIII.5.3 Localidad de Napizaro	38
VIII.5.3.1 Frecuencia	39
VIII.5.3.2 Área	39
VIII.5.4 Localidad de Embarcadero	41
VIII.5.4.1 Frecuencia	42
VIII.5.4.2 Área	42
VIII.6 Gremio trófico	44
VIII.7 Análisis de varianza	44
VIII.8 Amplitud de dieta	46
VIII.9 Posición trófica cuatro regiones en el lago	47
VIII.9.1 Posición trófica espacial	47
VIII.9.2 Posición trófica temporal	50
VIII.9.3 Posición trófica entre clases de talla	54
VIII.9.4 Proporciones isotópicas de carbono $\delta^{13}\text{C}$	54

VIII.9.5 Proporciones isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{C}$	56
VIII.10 Posición trófica dos regiones en el lago	57
VIII.10.1 Posición trófica en las regiones norte-sur	57
VIII.10.2 Análisis de varianza	58
IX. DISCUSIÓN	59
IX.1 Parámetros fisicoquímicos	59
IX.2 Gama trófica	59
IX.3 Gremio trófico	63
IX.4 Amplitud de dieta	64
IX.5 Posición trófica	64
X. CONCLUSIONES	69
XI. BIBLIOGRAFIA	70
ANEXOS	83

FIGURAS

Figura 1	Sitios de colecta definidos para el presente estudio. 1(San Jerónimo, 2)Ucasanastacua, 3)Napizaro, 4)Embarcadero	11
Figura 2	Medidas consideradas para el análisis de contenido estomacal de los peces del género <i>Chirostoma</i> .	17
Figura 3	Sitios de colecta definidos para el presente estudio según Alcocer y Bernal-Brooks, 2002.	25
Figura 4	Sitios de colecta definidos para el análisis de isótopos estables que considera la parte norte y sur del lago según Téllez y Motte (1980).	26
Figura 5	Curva de acumulación de presas del género <i>Chirostoma</i> en el lago de Pátzcuaro utilizando el índice de Simpson.	26
Figura 6a	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Ucasanastacua durante los meses de mayo y septiembre.	32
Figura 6b	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Ucasanastacua durante los meses de noviembre y febrero.	33
Figura 7a	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en San Jerónimo durante los meses de mayo y septiembre.	35
Figura 7b	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en San Jerónimo durante los meses de noviembre y febrero.	36
Figura 8a	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Napizaro durante los meses de mayo y septiembre.	38
Figura 8b	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Napizaro durante los meses de noviembre y febrero.	39
Figura 9a	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Embarcadero durante los meses de mayo y septiembre.	41
Figura 9b	Espectro trófico combinado del género <i>Chirostoma</i> en Embarcadero durante los meses de noviembre y febrero.	42
Figura 10	Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género <i>Chirostoma</i> durante los cuatro meses de colecta.	45

Figura 11	Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género <i>Chirostoma</i> en los cuatro sitios de colecta.	45
Figura 12	Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V.	46
Figura 13	Promedio de la posición trófica con contenido estomacal y con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de la talla II correspondiente a los cuatro sitios de colecta.	48
Figura 14	Promedio de la posición trófica con contenido estomacal y con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de la talla V correspondiente a los cuatro sitios de colecta.	49
Figura 15	Promedio de la posición trófica con contenido estomacal y con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de la talla II correspondiente a los cuatro meses de colecta.	51
Figura 16	Promedio de la posición trófica con contenido estomacal y con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de la talla V correspondiente a los cuatro meses de colecta.	52
Figura 17	Representación gráfica de la estimación de la posición trófica de <i>Chirostoma estor</i> utilizando las firmas isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ en el lago de Pátzcuaro.	53
Figura 18	Promedio de la posición trófica con las firmas isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V en el lago de Pátzcuaro.	54
Figura 19	Promedio de las proporciones isotópicas de carbono $\delta^{13}\text{C}$ del género <i>Chirostoma</i> en distintas clases de talla y del zoobentos durante el mes de septiembre.	55
Figura 20	Promedio de las proporciones isotópicas de carbono $\delta^{13}\text{C}$ del género <i>Chirostoma</i> en los cuatro sitios de colecta durante el mes de septiembre.	55
Figura 21	Promedio de las proporciones isotópicas de carbono $\delta^{13}\text{C}$ del género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V durante el mes de	56

septiembre.

Figura 22	Proporciones isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ de las presas colectadas en el lago de Pátzcuaro.	56
Figura 23	Representación gráfica de la estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de las tallas II y V usando las firmas isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ de los grupos 1 norte y 2 sur.	57

CUADROS

Cuadro 1	Características del lago de Pátzcuaro.	11
Cuadro 2	Promedio de parámetros fisicoquímicos en los cuatro sitios de colecta durante los cuatro meses del año.	28
Cuadro 3	Proporciones de presas (org/L) en el ambiente colectadas a lo largo del año.	29
Cuadro 4	Proporción de fitoplancton (org/L) en el ambiente colectado en los meses de septiembre y noviembre 2009.	29
Cuadro 5	Clases de talla con JMP para el género <i>Chirostoma</i> .	30
Cuadro 6	Lista de los tubos digestivos utilizados para el análisis de contenido estomacal del género <i>Chirostoma</i> en cuatro sitios del lago de Pátzcuaro durante los cuatro meses de colecta en las clases de talla II y V.	30
Cuadro 7	Listado de los componentes alimentarios de las especies del género <i>Chirostoma</i> de lago de Pátzcuaro, Mich.	31
Cuadro 8	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V en Ucasanastacua que muestra la gama trófica, frecuencia, área e índice de importancia relativa.	34
Cuadro 9	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V en San Jerónimo que muestra la gama trófica, frecuencia, área e índice de importancia	37

	relativa.	
Cuadro 10	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V en Napizaro que muestra la gama trófica, frecuencia, área e índice de importancia relativa.	40
Cuadro 11	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V en Embarcadero que muestra la gama trófica, frecuencia, área e índice de importancia relativa.	43
Cuadro 12	Gremio trófico de los peces del género <i>Chirostoma</i> de las tallas II y V en las cuatro localidades durante los cuatro meses de colecta.	44
Cuadro 13	Amplitud de dieta (índice de Levin) de las clases de talla II y V del género <i>Chirostoma</i> en cuatro sitios de colecta durante todo el año en el lago de Pátzcuaro, Mich.	47
Cuadro 14	Cálculo del promedio de la posición trófica para el género <i>Chirostoma</i> en el lago de Pátzcuaro. Contenido estomacal e isótopos estables.	49
Cuadro 15	Análisis de varianza de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de las clases de talla II y V con el estadístico ANOVA.	50
Cuadro 16	Análisis de varianza de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de espacio-temporal y entre clases de talla.	50
Cuadro 17	Resultados del análisis de varianza no paramétrico de las firmas isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ para la región norte y sur de las clases de talla II y V de los peces del género <i>Chirostoma</i> .	58

ANEXOS

Anexo 1	Firmas isotópicas $\delta^{15}\text{N}$ del género <i>Chirostoma</i> de las tallas II y V en los meses de septiembre, junio y noviembre 2009 y febrero y mayo de 2010.	83
Anexo 2	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla II en Embarcadero usando las firmas isotópicas de	85

	$\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.	
Anexo 3	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla V en Embarcadero usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.	86
Anexo 4	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla V en Napizaro usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.	86
Anexo 5	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla II en San Jerónimo usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo y septiembre.	87
Anexo 6	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla V en San Jerónimo usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo y septiembre.	87
Anexo 7	Estimación de la posición trófica de <i>Chirostoma estor</i> en Ucasanastacua durante septiembre usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo y septiembre.	88
Anexo 8	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla II en Ucasanastacua usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante el mes de septiembre.	88
Anexo 9	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla II en Napizaro usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre, noviembre y febrero.	89
Anexo 10	Estimación de la posición trófica del género <i>Chirostoma</i> de la clase de talla V en Ucasanastacua usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo, septiembre y noviembre.	89
Anexo 11	Resultados de correlación entre las proporciones de presas disponibles en el ambiente y las presas contenidas en los tubos digestivos durante los cuatro meses de colecta de los peces del género <i>Chirostoma</i> en el lago de Pátzcuaro.	90
Anexo 12	Resultados de correlación entre las proporciones de presas	90

	disponibles en el ambiente y las presas contenidas en los tubos digestivos en los cuatro sitios de colecta de los peces del género <i>Chirostoma</i> en el lago de Pátzcuaro.	
Anexo 13	Gráfica de correlación entre los copépodos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> durante los cuatros meses de colecta en el lago de Pátzcuaro.	91
Anexo 14	Gráfica de correlación entre los cladóceros disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> durante los cuatros meses de colecta en el lago de Pátzcuaro.	92
Anexo 15	Gráfica de correlación entre los rotíferos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> durante los cuatros meses de colecta en el lago de Pátzcuaro.	92
Anexo 16	Gráfica de correlación entre los copépodos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> en los cuatros sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.	92
Anexo 17	Gráfica de correlación entre los cladóceros disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> en los cuatros sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.	93
Anexo 18	Gráfica de correlación entre los rotíferos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género <i>Chirostoma</i> en los cuatros sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.	93

I.RESUMEN GENERAL

En la presente investigación se analizaron los hábitos alimentarios del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro en el espacio el tiempo y la talla. Se utilizó análisis de contenido estomacal e isótopos estables con la finalidad de obtener una mejor aproximación sobre la ubicación del género en la red trófica. Los muestreos se realizaron en cuatro sitios cubriendo todas las zonas del lago, durante cuatro meses a lo largo del año y colectando dos clases de talla (II-38.1-51.2 y V-66.6-71.1). De manera paralela se colectaron muestras de los artículos alimentarios que pudieran estar siendo consumidos por el género *Chirostoma*, con el fin de caracterizar de igual forma sus señales isotópicas. Para el análisis de contenido estomacal se aplicó el índice de conteo numérico combinado con el método de área y la frecuencia de ocurrencia, con lo cual se aplicó el índice de importancia relativa. Aunado a lo anterior se estimó la amplitud de dieta y la posición trófica. Para el análisis de isótopos estables se extrajo una muestra de músculo, con lo cual se determinaron las proporciones isotópicas de Nitrógeno, estimando con ello la posición trófica de los organismos muestreados. La gama trófica del género *Chirostoma* para ambas clases de talla se compone de zooplancton e insectos. Los resultados indican que son organismos especialistas independientemente de la época del año, la talla y la localidad de colecta. Se consideran carnívoros depredadores, filtradores selectivos pasivos y que además son capaces de seleccionar ciertas presas, actuando en ocasiones como oportunistas. Se ubicaron como consumidores secundarios, mostrando una posición trófica con valor de 3. No se encontraron diferencias tróficas espacio-temporales, pero sí entre clases de talla, lo cual depende más de la biomasa consumida que de los tipos de presa.

II. ABSTRACT

In this research, the feeding habits of genus *Chirostoma* of Patzcuaro Lake with respect to its time space and size are analyzed. The stomach content analysis and stable isotopes are utilized with the objective of obtaining a better approximation of genus location in the trophic net. The samples are made in four different locations covering the whole zones of the lake during four months along a full year for which two size classes are collected (II-38.1-51.2 and V-66.6-71.1). In parallel, samples of food particles are gathered that could be possibly consumed by the genus *Chirostoma* trying to characterize their isotopic signals. For the stomach content analysis, the numerical index counting combined with area method and occurrence frequency is applied, by which the relative importance index is used. In addition to the previous approach, the diet amplitude and trophic position is also estimated. To analyze the stable isotopes a muscle sample is extracted, by which isotopic Nitrogen proportions are determined, and using this result the trophic position of the sample organisms is estimated.

The trophic gemma of genus *Chirostoma* for both size classes is composed of zooplankton and insects. The results indicate that they are specialized organisms which are independent on season, size and the place of collecting. They are considered carnivorous predators species, passive selective filters and in addition they are able to choose preys sometimes acting as timeliness. They are classified as secondary consumers, showing a level 3 trophic position. Temporal-spatial trophic differences are not found, but in turn between size classes, some differences are found which depend in higher degree on consumed biomass instead of prey species.

III. INTRODUCCIÓN

El Lago de Pátzcuaro es una de las zonas lacustres más importantes de México debido a su importancia biológica, ecológica, económica y cultural (Estrada, 1991). Este cuerpo de agua cuenta con diez especies nativas de las cuales cinco son endémicas (Medina-Nava et al. 2000). Uno de los grupos de mayor importancia tradicional, ecológica y económica son los miembros del género *Chirostoma*, representando la mayor pesquería del lago (Rosas, 1976). El rango de tallas del género va desde pocos centímetros 4.5-16 cm (6-15 g) como los denominados “charales”, donde se incluyen también pescados blancos en tallas juveniles, hasta más de 30 cm (200-300 g) que comprenden a los peces conocidos como “pescados blancos”. A la fecha se reconocen cuatro especies nativas de *Chirostoma* dentro del lago. Entre las especies tradicionalmente reconocidas encontramos a: *Chirostoma attenuata* (charal prieto), *Chirostoma grandocule* (charal blanco), *Chirostoma patzcuaro* (charal pinto) y *Chirostoma estor* (pez blanco) (Sánchez, 1992; Berlanga et al. 1997), además de la especie introducida *Chirostoma humboldtianum* (pescado blanco) (Barriga, 2001). Actualmente existe una fuerte controversia en relación al estatus taxonómico de las diferentes especies, ya que genética y morfológicamente son muy similares (Bloom et al. 2009) y los caracteres diagnósticos no siempre son capaces de separar de forma efectiva a las diferentes especies, más aun en tallas pequeñas (Rojas et al. 1990). Otra controversia en relación a la taxonomía es la posible hibridación entre las especies nativas del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro y de aquellas introducidas (Estrada, 1991).

La población del género *Chirostoma* se ha reducido de manera importante debido al deterioro ambiental que ha sufrido el lago de Pátzcuaro ocasionado por las actividades antropogénicas (Chacón-Torres y Rosas-Monge, 1995; Barriga, 2001). Este deterioro es causado principalmente por el balance hídrico negativo, el transporte de sedimentos que se incorporan al cuerpo de agua como consecuencia de la deforestación y erosión del suelo, la descarga de aguas residuales que llevan a procesos de eutroficación, introducción de especies no nativas, entre otros (Brooks, 1998).

Para poder conocer de que manera las actividades antropogénicas impactan a los organismos, es necesario conocer sus relaciones tróficas en el medio natural (Sargent, 1999). Para ello, es primordial conocer los hábitos alimentarios de los peces, lo cual es de suma importancia para entender cómo funciona la trama trófica del cuerpo de agua, debido a que la energía que entra al cuerpo del organismo a través del alimento, es transferida a otros niveles tróficos superiores, lo que involucra las interrelaciones de los organismos (Nikolsky, 1963; Smith, 1980).

Los fuertes problemas ambientales identificados en el Lago de Pátzcuaro, la disminución de las pesquerías del género *Chirostoma*, aunado a su importancia económica, cultural y ecológica, han despertado el interés por realizar investigaciones enfocadas principalmente en conocer el rol del género *Chirostoma* en la red trófica del Lago y en las estrategias que realiza para su alimentación. Los principales estudios a este respecto realizados en las últimas cinco décadas, han utilizado el análisis de contenido estomacal para entender las relaciones tróficas en la cadena alimentaria, el cual involucra un importante número de índices que miden la importancia relativa que tienen las presas encontradas en la alimentación del organismo bajo estudio (Hyslop, 1980). La mayoría de estos trabajos coinciden en que las especies del género *Chirostoma* (*C. attenuata*, *C. patzcuaro*, *C. grandocule* y *C. estor*) presentan el mismo hábito alimentario. Se comportan como organismos carnívoros en sus primeras etapas de vida, depredando organismos del zooplancton como cladóceros, copépodos y ostrácodos; posteriormente de restos de plantas superiores, hidracáridos, huevos de *Chirostoma* sp. e insectos, y en adultos se alimentan preferentemente de insectos, microcrustáceos y peces, las algas encontradas son consideradas accidentales, por lo que no forman parte de la dieta del género. Por lo tanto, se considera que sus hábitos alimentarios cambian conforme se incrementa la talla, comportándose como organismos carnívoros, filtradores con preferencia por el zooplancton (Rauda, 1987; Solórzano, 1961; Rosas, 1970, 1976; Moreno, 1997; Moncayo y Escalera, 2002; Martínez et al. 2003; Ross et al. 2005) y, en algunas ocasiones, con cierto grado de selección (Aguilar, 2004). Se ha observado que en el aparato digestivo del pez blanco y de los charales no se diferencia el esófago del estómago y este del intestino, más bien es un tubo con un ligero ensanchamiento en el cuarto anterior, siendo el tubo digestivo más corto que la longitud total del pez, característica de organismos carnívoros (Rosas, 1970).

Existen dos categorías de estudio del análisis de contenido estomacal: La primera examina la dieta de las poblaciones para valorar la posición trófica en contexto de la comunidad de peces. Se pueden considerar las variaciones estacionales, variaciones entre especies o en subgrupos de la misma especie, como puede ser en diferentes clases de talla; el segundo estudio estima la cantidad de alimento consumido por una población de peces, ello implica el cálculo de la energía o de las raciones diarias (Hyslop, 1980). Otra forma de categorizar este tipo de análisis se basa en el carácter cuantitativo o cualitativo del método a utilizar. El cualitativo involucra la determinación de los diferentes taxa encontrados en los tubos digestivos, mientras que el análisis cuantitativo de la dieta está determinado por índices que determinan la importancia de los artículos alimentarios, siendo los más utilizados el índice de importancia relativa (Pinkas et al. 1971), índice de diversidad trófica de presas (Shannon-Wiener, Pielou, 1975), índice de amplitud de nicho trófico (Levins, 1968), e índice de traslape de nicho trófico (Schoener, 1970).

El análisis de contenido estomacal ofrece varias ventajas en el estudio de las relaciones tróficas en las cadenas alimentarias: es un método fácil de aplicar, no es costoso, ofrece una foto instantánea de la gama alimentaria de la especie, además con este se puede conocer el número de artículos alimentarios en el tubo digestivo de los organismos. A pesar de ser considerado como una representación subjetiva y con fuertes sesgos, debido principalmente a la capacidad del investigador para detectar la variación taxonómica, espacial y temporal de las interacciones tróficas (Paine, 1988), es uno de los métodos clásicos más utilizados en estudios de redes alimentarias (Levine, 1980; Cohen et al. 1990). Sin embargo, en los últimos 20 años, el método de contenido estomacal ha sido usado en combinación con métodos modernos, como es el uso de isótopos estables, siendo esta última una de las herramientas que han ayudado a entender la dinámica de las redes tróficas y los flujos de energía (Peterson y Fry, 1987; Kling et al. 1992; Vander Zanden y Rasmussen, 2000). La utilización de diferentes metodologías se basa en la idea de que un solo método no puede responder los enigmas de las relaciones tróficas (Grisley y Boyle, 1985) mientras que en conjunto se aplican a la ecología trófica para lograr representar la estructura y función de la red alimentaria (Kling et al. 1992), de esta manera, se puede tener una mejor aproximación de los flujos de energía y por consecuencia de la relación presa-depredador en los ecosistemas.

El análisis de isótopos estables provee de información que detecta, por ejemplo, entre que especies se están dando estos vínculos (Polis y Strong, 1996; Vander Zanden y Rasmussen, 1996), esto debido a que cualifica las conexiones y cuantifica la magnitud y tasa de intercambio de energía y biomasa en una red de alimentación, así como la base de la posición trófica que incorpora el flujo energético y la omnivoría (Levine, 1980; Vander Zanden y Rasmussen, 1996).

Una de las principales cualidades del método de isótopos estables es que las proporciones de isótopos de nitrógeno permiten obtener información sobre la posición trófica en la que se ubica un organismo o especie dada; por ejemplo, es posible saber si un animal es omnívoro, herbívoro o carnívoro; además de la distancia trófica que tiene con respecto a la productividad primaria, usada como línea isotópica base (De Niro y Epstein, 1981), lo que puede proveer de información integrada en el tiempo.

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ indican la posición trófica de un consumidor y se interpretan en relación al valor de $\delta^{15}\text{N}$ que representa la base de la red trófica. Los consumidores primarios son generalmente utilizados como indicadores alimenticios de base (nivel trófico 2) debido a que sus señales isotópicas no presentan tanta variabilidad respecto a los productores primarios (Cabana y Rasmussen, 1996). La composición o firma isotópica dentro del tejido de un organismo, se encuentra determinada por el valor isotópico del alimento consumido (De Niro y Epstein, 1981). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en los consumidores primarios presentan un mayor enriquecimiento con relación al alimento consumido, debido a que los isótopos más livianos (^{14}N) son excretados de manera preferente durante los procesos metabólicos, por lo que, los isótopos de mayor peso (^{15}N) son retenidos, cada incremento en el nivel trófico resulta en un enriquecimiento aproximado de 3-4‰ en estos isótopos pesados (De Niro y Epstein, 1981; Minagawa y Wada, 1984; Peterson y Fry, 1987).

Por lo tanto, el enriquecimiento de los isótopos de nitrógeno permite que sea utilizado como un indicador del nivel trófico, ya que la firma isotópica es fácilmente distinguible entre la presa y el depredador. Algunos autores mencionan que esta premisa es válida si se cumplen

los siguientes supuestos (Jackson y Harkness, 1987): 1) Las fuentes de alimentación de interés se puedan distinguir de las demás, 2) que se mantenga la señal isotópica, es decir, que no sea modificada por factores ambientales, 3) dentro de un área en particular, la señal isotópica definida para cada una de las especies sea considerada como representativa y como mínima variación espacial, 4) la composición isotópica en el tejido del animal debe igualar el promedio ponderado de la composición isotópica de todos los constituyentes en la dieta, y 5) que no cambie tan rápidamente la dieta del organismo (Jardine et al. 2003). Sin embargo, como toda herramienta, su principal desventaja reside en potenciales fuentes de variación, lo que limita la interpretación de los resultados. La inesperada variación en la composición isotópica de algunos organismos acuáticos al parecer está dada por los procesos químicos, físicos y biológicos ocasionados por el ambiente y la fisiología del organismo (Gannes et al. 1997).

Actualmente, se tiene conocimiento de únicamente un trabajo realizado en el lago de Xochimilco, en la ciudad de México, utilizando el análisis de isótopos estables para conocer la estructura trófica de dicho lago, encontrando que *Chirostoma humboldtiana* (pez blanco) actúa como el depredador tope, por lo que sus señales isotópicas $\delta^{15}\text{N}$ fueron las más altas de los organismos estudiados (Zambrano et al. 2010). Sin embargo, no se tiene conocimiento de otro estudio que haya utilizado dicha técnica en ninguna de las especies de charales del género *Chirostoma*. Los trabajos realizados con el análisis de isótopos estables, han utilizado las proporciones isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ para determinar la diversidad en la dieta y la posición trófica de algunas especies ícticas (Binhe et al. 1997). Los modelos de posición trófica utilizan los análisis de isótopos estables y contenido estomacal con el fin de aprovechar el mayor número de evidencia posible de los vínculos tróficos, involucrando evidencia de las interacciones alimentarias de los taxa incluidos en el análisis, por tanto, se ha demostrado que la posición trófica es una medida continua que representa la realización de la estructura trófica mejor que los niveles tróficos que responden como una variable discreta (Vander Zanden et al. 1997; Vander Zanden y Rasmussen, 1996). Se reconoce la variabilidad en las proporciones isotópicas como un fenómeno general en los sistemas de agua dulce, por lo que las señales isotópicas de los peces han sido medidas en relación a las señales bases de $\delta^{15}\text{N}$ de un lago específico (Cabana y Rasmussen, 1996; Vander Zanden y Rasmussen, 1999).

Según los argumentos anteriores, se decidió utilizar en el presente estudio ambas metodologías para analizar los hábitos alimentarios del género *Chirostoma* en el Lago de Pátzcuaro en un gradiente espacio-temporal y con relación a su talla. Con ello se pretende resolver cuales son las estrategias alimentarias del género, que le permiten su presencia en todo el lago a pesar de los impactos antrópicos que ha sufrido el cuerpo de agua, lo que ayudará a interpretar de mejor manera como utilizan estos organismos los recursos que integran su dieta y de esta forma ayudar a su manejo y conservación.

IV. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Existe una variación en los hábitos alimentarios del género *Chirostoma* dentro del lago de Pátzcuaro en relación al espacio, el tiempo y la talla.

V.OBJETIVOS

V.1. Objetivo general

Analizar los hábitos alimentarios del género *Chirostoma* en el Lago de Pátzcuaro, en un espectro espacio-temporal y con relación a su talla.

V.1.1. Objetivos particulares

- Determinar el gremio trófico y su variación espacio-temporal en distintas clases de tallas del género *Chirostoma* en el Lago de Pátzcuaro utilizando análisis de contenido estomacal.
- Estimar la amplitud de dieta y su variación espacio-temporal en distintas clases de tallas del género *Chirostoma*.
- Determinar la variación espacio-temporal en la posición trófica del género *Chirostoma* en distintas clases de talla usando isótopos estables y contenido estomacal.

VI. ÁREA DE ESTUDIO

VI.1. Situación geográfica

El lago forma parte de una cuenca endorreica del Antiplano Mexicano localizada sobre el Cinturón Volcánico Transmexicano. Se localiza en la porción centro-norte del estado de Michoacán a 63 km de la ciudad de Morelia entre los 19° 27'N y 19° 44'N y 101° 26'W y 101°53'W. Presenta una longitud este-oeste de 50 km y 33 km en dirección norte-sur, localizándose a una altura de 2035 msnm (Garduño, 2000).

El lago de Pátzcuaro presenta una marcada heterogeneidad ambiental representada por cuatro zonas principalmente. La región norte, la región central, la región sur y el embarcadero (Alcocer y Bernal-Brooks, 2002) (Fig. 1). La zona norte presenta los valores más altos de transparencia (0.43, m disco de Secchi), la más alta conductividad del agua (925.7 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{-}25^{\circ}\text{C}$), así como la más baja suspensión de sólidos (31.7 mg l⁻¹). La zona media del lago presenta valores de transparencia de 0.32 (Transparencia con Disco de Secchi), la conductividad es de 794.7 ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{-}25^{\circ}\text{C}$), la suspensión de sólidos de 50.1 (mg l⁻¹). La parte sur del lago presentan la transparencia más baja (0.19±0.09 m, Secchi disc transparency), la baja conductividad (566.5 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{-}25^{\circ}\text{C}$) y la más alta suspensión de sólidos (128.2 mg l⁻¹). La zona de Embarcadero representa una zona con alta concentración de nutrientes, como clorofila, nitrógeno inorgánico y fósforos totales, además de ser una zona donde se concentran las actividades humanas.

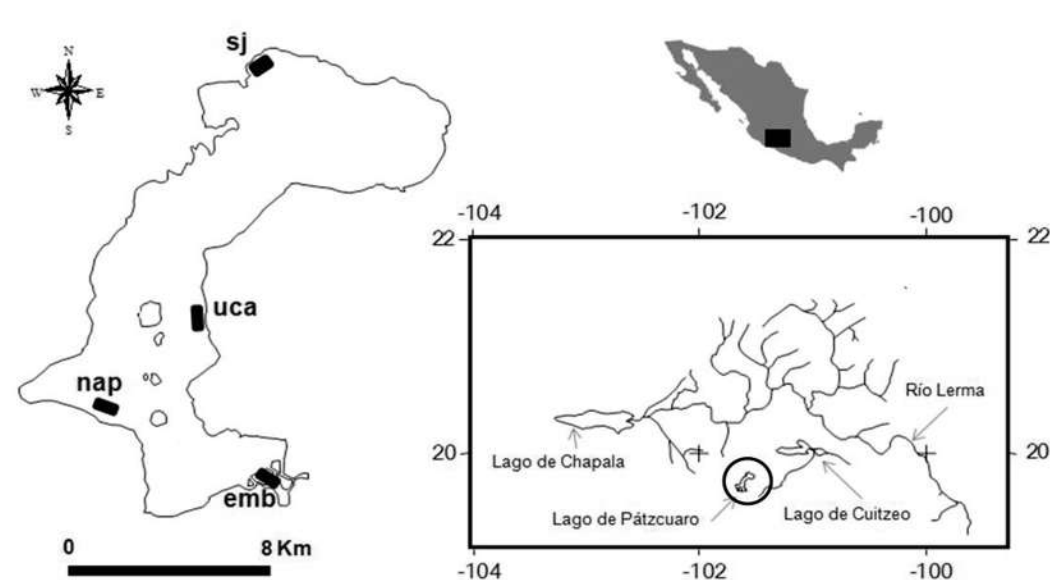


Fig.1 Sitios de colecta definidos para el presente estudio. 1) San Jerónimo, 2) Ucasanastacua, 3) Napizaro y 4) Embarcadero.

VI.1.1. Características del lago de Pátzcuaro

Cuadro 1. Características del Lago de Pátzcuaro.

Rasgo	Características
CLIMA	<p>Cb (w2) (w) (e) (i´) g, corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y la parte más cálida del año antes del solsticio de verano (García, 1988).</p> <p>La temperatura media anual es de 1041.2 mm.</p> <p>Las lluvias inician en mayo y terminan en agosto (Morelos, 1987).</p>
MORFOMETRIA	<p>Profundidad máxima de 15 m (De Buen, 1944), 12 m (Chacón, 1992) y 10.25 (Chacón, 2000). La profundidad media de 4.9 y el volumen total del lago es de 628.4 millones de metros cúbicos. Las máximas profundidades se registran en el norte, las áreas más someras en el sur (Chacón et al. 1989).</p>

VEGETACIÓN	<p>Se presenta una porción reducida de <i>Abies</i>, predominan los bosques de <i>Pinus-Quercus</i>. Existen diferentes tipos de matorrales y pastizales secundarios así como vegetación acuática y subacuática.</p> <p>El número total de especies registradas asciende a 1050, de las cuales 56 corresponden a la vegetación acuática y 994 a la vegetación terrestres (Díaz-Barriga y Bello-González, 1993).</p> <p>La vegetación acuática se compone de 57 especies incluidas en 40 géneros (García, 1990). Concentrada en la zona sur del lago cubierta por un gradiente de vegetación sumergida y a medida que se incrementa la longitud de la orilla se extiende la cobertura de la vegetación existente (Chacón, 2000).</p>
GEOLOGÍA	<p>El lago de Pátzcuaro forma parte del Corredor Tarasco, el cual alberga más de mil conos volcánicos de tipo monogenético con una composición calcialcalina (Garduño, 2000). La cuenca del lago de Pátzcuaro se divide en ocho subcuencas (Zurumútaró, Pátzcuaro, Ajuno, Erongaricuaró, Napízaro, San Andrés Ziróndaro, Quiroga e Ihuatzió).</p> <p>Los suelos son en su mayoría andosoles y luvisoles de color obscuro de alto contenido en fósforo, siendo muy susceptibles a la erosión (Toledo y Barrera- Bassols, 1984; Chacón et al. 1991). En general se encuentran por arriba de los 2,150 m.s.n.m., presentan horizontes con características de estructura friable, microangular y tixotípica, son ricos en raíces gruesas, medias y finas, con baja compactación (0.5 a 1.5 kg/cm²). También, se presentan suelos acrisoles, vertisoles y gleysoles componente primario de las riberas del lago (Chacón, 1993).</p>
FISIOGRAFÍA	<p>Forma parte de un sistema de cuencas lacustres enclavado en el Cinturón Volcánico Transmexicano (Garduño, 2000).</p>
FAUNA	<p>Las comunidades de animales que existen dentro del lago se</p>

	<p>componen de zooplancton constituido por rotíferos (92.17%), copépodos (7.39%), cladóceros y otros grupos con pequeños valores significativos (Téllez y Motte, 1976 en Chacón et al. 1991). También se presentan ostrácodos, insectos, acari y nematodos (Chacón, 1991). El bentos se compone de oliquetos (<i>Limnodrillus</i>) 78.5%, hirudíneos (<i>Erpobdella</i>, <i>Helobdella</i> y <i>Placobdella</i>) 15.6% y el crustáceo (<i>Cambarellus</i>) 0.2%, <i>Erpobdella</i> y <i>Cambarellus</i> son organismos considerados del perifiton (Pedraza y Saavedra, 1998). Chironómidos (<i>Chironomus</i> sp), Chaobóridos (<i>Chaoborus</i> sp.), Isópodos, esponjas y gasterópodos (<i>Physa osculanus</i>, <i>Heliosoma</i> sp.). El perifiton animal está compuesto por celenterados, platelmintos, nematodos, bryozoarios, anélidos, moluscos y artrópodos.</p>		
USO DE SUELO	<p>Incluye superficies agrícolas (40.8%), forestales (30.0%), matorral/ganadería (14.7%) y otros (14.5%) (Gómez-Tagle, 1997).</p>		
COMUNIDAD DE PECES	FAMILIA	ESPECIE	
<p>Está integrada por 16 especies, distribuidas en 5 familias.</p> <p>De las cuales 10 especies son nativas y 6 introducidas (Medina-Nava et al. 2000; Barriga, 2001).</p>	Atherinopsidae	<i>Chirostoma attenuata</i>	Nativa
		<i>Chirostoma grandocule</i>	Nativa
		<i>Chirostoma patzcuaro</i>	Nativa
		<i>Chirostoma estor</i>	Nativa
		* <i>Chirostoma humboldtianum</i>	Introducida
	Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Introducida
	Cyprinidae	<i>Algansea lacustris</i>	Nativa
		<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Introducida
		<i>Cyprinus carpio</i>	Introducida
	Cichlidae	<i>Tilapia rendalli</i>	Introducida
		<i>Oreochromis niloticus</i>	Introducida

	Goodeidae	<i>Allophorus robustus</i>	Nativa
		<i>Allotoca diazi</i>	Nativa
		<i>Allotoca dugesii</i>	Nativa
		<i>Goodea atripinnis</i>	Nativa
		<i>Skiffia lermæ</i>	Nativa

Fuente: (*Barriga, 2001; Alcocer y Bernal-Brooks, 2002; Huacuz, 2002).

VII. MÉTODOS Y TÉCNICAS

VII.1. Temporada y sitios de colecta

La recolección de peces se llevó a cabo a lo largo de un ciclo anual en cuatro colectas en los meses de mayo, septiembre, noviembre y febrero. Los muestreos se realizaron en cuatro diferentes sitios dentro del lago, con la intención de abarcar todas las zonas del lago reconocidas actualmente por la Estación Limnológica del lago de Pátzcuaro, de acuerdo a sus diferencias físico-químicas según Alcocer y Bernal-Brooks, 2002 (Fig.1).

VII.2. Muestreo

El muestreo se llevó a cabo mediante una red no selectiva tipo chinchorro de 75 m y abertura de malla de 1 cm. Se realizaron tres lances por sitio de muestreo, para completar 12 lances en total por temporada.

VII.2.1 Análisis previos

Para obtener las clases de talla a utilizar se fijaron la mayoría de los organismos capturados durante la primera colecta realizada en los meses de mayo-junio, a estos se les tomo el peso y la talla (Longitud Patrón [LP] desde el hocico hasta la base del pedúnculo caudal), estos datos fueron analizados en el programa JMP versión 3.1.6.2, Sall, (1996) para obtener los intervalos de confianza y establecer las clases de talla (ver resultados).

VII.2.1.1. Obtención de submuestras

Con la información previa en relación a las clases de talla y tamaño de muestra a utilizar para el análisis de contenido estomacal e isótopos estables, en las colectas correspondientes a los meses de septiembre y noviembre sólo se colectó una submuestra de 50 organismos de cada talla elegida (pequeños y grandes) para cada sitio dentro del lago, obteniendo un total de 400 ejemplares por mes de muestreo. Los especímenes se transportaron en hielo para detener los procesos de digestión antes de ser procesados y fijados con formol al 5% neutralizado con bórax.

VII.2.1.2 Muestreo de presas

De manera simultánea se tomaron tres submuestras en cada estación de muestreo de las posibles presas como macrófitas y macroinvertebrados bentónicos, esto bajo el supuesto de que representan la trama trófica del sistema acuático (Bernal-Brooks et al. 2003). Los organismos del bentos se muestrearon mediante el uso de una draga Eckman de 16 cm por 16 cm (256cm² de área) y una capacidad de 4 lt; el plancton fue muestreado con una red cónica con luz de malla de 55 micras, 100 cm de longitud total, 32 cm de diámetro del aro y 14.5 cm de diámetro de la base (Sánchez y Ponce, 1996), y por último, los invertebrados del perifiton se muestrearon con cubetas que cuentan con una red en la parte inferior con luz de malla de 0.5 mm. Se utilizó una submuestra para los análisis isotópicos y las otras dos para la identificación de los especímenes. Cada una de las submuestras de vegetación fueron lavadas con agua a través de un tamiz con luz de malla de 0.5 mm.

VII.3. Análisis de las muestras para contenido estomacal

Con los datos obtenidos de la primera recolecta (mayo) correspondiente a Ucasanastacua, se elaboró una matriz de datos de los diferentes artículos alimentarios, con lo cual se calculó el número de presas acumuladas mediante una curva de acumulación de presas. Esta curva mostró una asíntota alrededor de los 30 tubos digestivos por lo que el número total de tubos que se analizaron fue de al menos 30 por sitio (15 por clase de talla), esto cuando el número de organismos colectados lo permitió. De igual forma se utilizó el índice de diversidad de Simpson, lo que, al igual que la curva de acumulación de especies, mostró que el número de individuos que tenían que ser utilizados para el análisis de contenido estomacal es de 30.

De acuerdo con lo anterior, de cada clase de talla seleccionada (II y V) se revisaron 30 individuos por cada sitio (Ucasanastacua, Napizaro, Embarcadero y San Jerónimo) en las temporadas de lluvias y secas (septiembre-noviembre y febrero-mayo), dando un total de 401 organismos analizados (ver resultados). Los organismos se pesaron (con una balanza analítica marca ANDSERIE HL-200 con una precisión de 200 g x 0.1 g.) y se midieron (con un vernier convencional marca MITUTOYO SERIE 505-637-50 con una precisión de 0.00 mm) considerando LP (longitud desde la punta del hocico hasta el pedúnculo caudal) LH (longitud del hocico) y Li (longitud intestinal) (Fig.2).

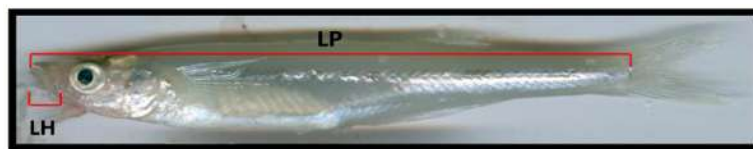


Figura 2. Medidas consideradas para el análisis de contenido estomacal de los peces del género *Chirostoma* (LP, LH).

Posteriormente, se realizó el análisis de contenido estomacal extrayendo 15 tubos digestivos de cada sitio de colecta, talla y temporada. En algunos casos el número de organismos colectados fue menor a este valor, por lo que se abrieron todos los tubos digestivos disponibles. Se evaluó el grado de repleción gástrica de acuerdo a lo expresado en Martínez, (1983), el cual clasifica los estómagos en: 1) vacío, 2) casi vacío, 3) casi lleno y 4) lleno. En el presente trabajo únicamente se analizaron los tubos digestivos casi llenos (CLL) y llenos (LL), siguiendo lo indicado por Martínez (1983).

Los tubos digestivos fueron colocados en viales con alcohol al 70% para su conservación hasta ser revisados. Debido a que las especies del género *Chirostoma* no presentan un estómago definido se consideró el llenado en la totalidad de su intestino. Los tubos digestivos se dividieron en tres partes iguales, tomando el contenido del tercio anterior para su análisis (Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo, 1996). De este tercio de tubo digestivo seleccionado se extrajo el total del contenido estomacal, del cual se realizaron submuestras al dividir el contenido en cuatro cuadrantes, revisando sólo una cuarta parte de acuerdo a lo expresado por Engel (1976). El cuarto seleccionado se colocó en un portaobjetos cuadrado, extendiendo homogéneamente la muestra (10 x 10 cuadros de 0.2 mm), donde el número total de cuadros ocupados representaron el 100% de la dieta de cada individuo. La muestra se contabilizó con un microscopio estereoscópico (marca Carl Zeiss Modelo Stemi DR No. 1040) y uno compuesto (marca ZEISS Modelo AXIOSTAR plus No. 1097-701).

VII.4 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos del agua que se analizaron fueron temperatura (°C), pH, sólidos totales disueltos (mg/l), oxígeno disuelto (mg/l), transparencia (cm), profundidad (m) y turbidez (NTU) con un equipo electrónico (“*Hydrolab*”) marca Quanta. Para cada sitio de muestreo se tomaron tres datos de cada uno de estos parámetros (ver resultados).

VII.5. Análisis cuantitativo

Para el análisis cuantitativo se utilizaron tres métodos:

El método de porcentaje de área (PA) es una modificación del método volumétrico indirecto (Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008), utilizado cuando los componentes alimentarios en el contenido estomacal son muy pequeños (diatomeas, copépodos, ostrácodos, rotíferos, cladóceros) o que no es posible su cuantificación (detritus, restos vegetales, materia orgánica) (Vega-Cendejas, 1990). Este método determina la cantidad de alimento ingerido y ofrece información referente al comportamiento alimentario de la especie (Cortés, 1997; Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008; Rodríguez-Cázares, 2008). La fórmula utilizada para este método es:

$$\text{PA} = (\text{Área de la presa} / \text{área total}) * 100$$

Donde:

PA= Porcentaje de área

Área de la presa= área ocupada por la presa en el tubo digestivo

Área total= área total del tubo digestivo

La segunda metodología utilizada fue el **índice de Conteo numérico** que consiste en contar los individuos de cada presa que ocurre en cada tubo digestivo, con lo cual se obtiene la proporción de presas en cada tubo digestivo, en seguida se suman las presas de todos los tubos digestivos y se obtienen las proporciones de cada presa en todos los tubos digestivos analizados, el total es expresado como una proporción (Lagler, 1956) y cuya fórmula es:

$$N = \text{nee} / \text{Nee}(100)$$

Donde:

N= porcentaje numérico de un grupo trófico dado

nee= suma de los elementos de este grupo en todos los tubos digestivos

Nee= suma de los elementos de los grupos tróficos en todos los estómagos.

Por último, se calculó la **frecuencia de ocurrencia** que muestra que tan frecuente es la aparición de cada artículo alimentario (Stark y Schoroer, 1970), esto permite expresar los resultados en el porcentaje de tubos digestivos en el que uno o más grupos tróficos estuvieron presentes. La fórmula de este método se expresa como:

$$F=ne/NE (100)$$

Donde:

F= frecuencia (%) de aparición de un tipo de alimento.

ne= número de tubos digestivos con un tipo de alimento.

NE= Número total de tubos digestivos analizados.

Con la información conjunta de los índices de porcentaje de área y frecuencia de ocurrencia, se calculó el **índice de importancia relativa (IIR)** (Cortés, 1997) que permite la cuantificación de la importancia relativa de determinado grupo trófico dentro de la alimentación de la especie, usando la fórmula:

$$IIR=F*A/100$$

Donde:

IIR= índice de importancia relativa

F= porcentaje de la frecuencia

A= porcentaje de área

Con los tres índices anteriores es posible construir el espectro trófico combinado, que permite inferir de forma gráfica la preferencia de la especie por los diferentes componentes alimentarios, la cual se compone de tres cuadrantes (Yáñez-Arancibia et al. 1976):

- I. (ABCD): Zona de grupos tróficos accidentales o circunstanciales
- II. (DEFG): Zona que define grupos tróficos secundarios
- III. (HIJK): Zona de grupos tróficos preferenciales

VII.6. Análisis cualitativo

Posteriormente se realizó el análisis cualitativo, para ello se identificaron los componentes alimentarios al nivel taxonómico posible dependiendo del grado de digestibilidad, para ello se utilizaron las claves de Merrit and Cummins (1996) y Cummins y Berg (2008) para insectos y Thorp y Covich (2001) para invertebrados. El alimento ingerido no identificado se clasificó como MONI (materia orgánica no identificada) siguiendo el criterio de Yañez- Arancibia et al. (1976). Para la identificación taxonómica del zooplancton se usaron los trabajos de Edmonson (1959), Pennak (1978) y Elías-Gutiérrez (1996). Además, se registraron los artículos alimentarios y se tomaron fotografías con un microscopio estereoscópico (marca AMSCOPE modelo SM2TZ) de los diferentes representantes de los grupos taxonómicos y de los artículos alimentarios que no se consiguió su identificación.

VII.7. Amplitud de dieta

La amplitud de dieta se estimó utilizando el índice de amplitud de nicho de Levin (Krebs, 1989). Este método permite medir la uniformidad de la distribución de los individuos a través de los recursos alimentarios bajo la fórmula:

$$B = \frac{1}{\sum P_j^2}$$

Donde:

P_j = es la fracción de componentes alimentarios en la dieta que pertenecen a la categoría alimentaria j .

Los resultados son estandarizados con el fin de tener una interpretación más sencilla y para ello se utiliza una escala de 0 a 1.0, lo cual se obtiene al dividir B por el número total de recursos después de corregirse por un número finito de recurso:

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1};$$

Donde:

B = amplitud de nicho de Levin; n = número de posibles presas.

Si los valores de B son cercanos a uno (>0.60), su gama es generalista, es decir, utiliza todos los recursos sin ninguna selección. Cuando los valores son menores de 0.60, el organismo se considera especialista, o que utiliza un bajo número de recursos y presenta preferencia por ciertos alimentos (Hulbert, 1978).

VII.8. Posición trófica

Se estimó la posición trófica del género *Chirostoma* mediante el uso del programa TrophLab (Pauly et al. 2000 a,b). Se obtuvo un valor de TROPH, el cual indica la posición trófica del organismo dentro de la red alimenticia. Para estimar el TROPH de la especie, se debe considerar tanto la composición de su dieta, así como el valor TROPH de cada una de las presas, lo cual se estimó con la siguiente ecuación:

$$TROPH_i = 1 + \sum_{j=1}^G DC \times TROPH_j$$

Donde:

DC_{ij} = representa la fracción de la presa j en la dieta de i , $TROPH_j$ es la posición trófica de la presa j .

G = es el número de presas en la dieta de i .

El error estándar (SE) del valor TROPH fue estimado utilizando la posición trófica de cada presa. Si no se conocen los valores TROPH de las presas consumidas, el programa TrophLab utiliza valores TROPH por omisión para diversas presas (Pauly et al. 2000 a,b).

VII.9 Análisis de Isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$

VII.9.1. Preparación de tejidos

Se extrajo una muestra de músculo de 10 individuos de cada clase de talla, temporada de colecta y sitio, el tejido fue colocado en un vial etiquetado y almacenándose a -20°C . Una vez obtenidos los músculos se liofilizaron en un horno de secado (marca RIOSSA modelo H-33 de temperatura máxima de 200°C), a una temperatura de 50°C por 48 horas, una vez que las muestras se secaron fueron pulverizadas con un mortero de ágata para convertir la muestra en un polvo finamente homogeneizado. Posteriormente se pesó 1 mg de peso seco en una balanza analítica (Marca Adventurer modelo OHAUS AR0640); una vez que las muestras fueron preparadas se enviaron a la Universidad de Davis en California para su análisis.

VII.9.2 Obtención de valores de las firmas isotópicas

El análisis al que son sometidos los tejidos en la Universidad de Davis consiste, en términos generales, en separar y analizar los gases resultantes en un espectrómetro de masas de relación de isótopos de flujo-continuo para abundancias de isótopos estables. La relación $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ será reportada en la notación convencional δ , como partes por mil (‰). La relación isotópica de cada muestra es comparada con la del carbonato estándar de PeeDee Belemnite (PDB) para Carbono y Nitrógeno atmosférico de la manera siguiente:

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \frac{\text{R}_{\text{muestra}} - \text{R}_{\text{estandar}}}{\text{R}_{\text{estandar}}} \times 1000$$

Donde **R muestra** y **R estándar** son las relaciones correspondientes de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de las muestras y los estándares. Existe un incremento de 3‰ – 4‰ en $\delta^{15}\text{N}$ de la presa al depredador, proporción que es utilizada para determinar las relaciones entre consumidor-recurso (Vander Zanden et al. 1999). Se obtuvieron proporciones isotópicas de $\delta^{13}\text{N}$ de manera complementaria únicamente para el mes de septiembre para peces del género *Chirostoma* y para algunos organismos que pudieran representar el nivel de los consumidores primarios, como lo son los organismos del zoobentos y zooplancton.

VII.10 Cálculo de Posición trófica

Para poder estimar la posición trófica con los valores promedio de la dieta, se requiere hacer supuestos de las presas que son consumidas por el depredador (Vander Zanden y Rasmussen, 1996; Vander Zanden et al. 1997). Además, es necesario calcular la posición trófica de las presas, la cual es estimada con la siguiente fórmula:

$$\text{Posición trófica}_{\text{consumidor}} = (\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{línea base}}) / 3.4 + 2$$

Donde:

$\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}}$ = Firma isotópica de nitrógeno del consumidor

$\delta^{15}\text{N}_{\text{línea base}}$ = Firma isotópica de nitrógeno de la línea base

3.4 representa el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ a partir del nivel 1.0

2= Se asignó el número 1 a los productores primarios, por lo que se asume para el zooplancton el nivel 2.

VII.11 Análisis estadístico

Para comprobar las posibles variaciones entre los componentes alimentarios de la dieta espacial, temporal y entre clases de talla se realizó un análisis de escala multidimensional no paramétrico (NDMS), este análisis fue basado en un rango de disimilitud Bray-Curtis. Las diferencias en la composición de la comunidad de los tratamientos fueron probadas utilizando un análisis de similitud (ANOSIM) el cual utiliza 1000 reasignaciones al azar de los grupos y determina las diferencias significativas entre estos, para ello se utilizó el Software PRIMER 5.2.9 para Windows (PRIMER-Ltd, Plymouth, U.K). Ello con la finalidad de corroborar las posibles diferencias del género *Chirostoma* entre clases de talla, espacio y tiempo, de acuerdo a su posición trófica, con las proporciones isotópicas de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$. Se aplicó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con el programa JMP (versión 3.1.6.2, Sall, 1996). En aquellas comparaciones donde los valores resultaron significativos, se aplicó un análisis *post hoc* de Tukey-Kramer.

VII.12. División del lago de Pátzcuaro con el análisis de isótopos

El análisis de isótopos estables se realizó de dos maneras diferentes: el primero consistió en separar al lago en cuatro regiones (región norte, región central, región sur y el embarcadero) de acuerdo con lo expresado por Alcocer y Bernal-Brooks (2002), zonas que fueron definidas por una marcada heterogeneidad ambiental (Fig. 3). En un segundo análisis, se separó en zonas limnéticas (zona sur y norte, Fig. 4) de acuerdo a lo expresado por Téllez y Motte (1976), quienes diferencian las dos regiones por el grado de variabilidad o estabilidad de condiciones físicas y químicas respectivamente. La parte sur comprende la isla de Janitzio hacia el sur, la zona de Erongaricuaro, Ihuatzio y el muelle donde se observa mayor grado de eutrofización por la excesiva presencia de malezas acuáticas y menor homogeneidad de los parámetros hidrológicos. La parte norte abarca la zona de Quiroga y el cuello del lago hasta el norte de la isla Janitzio, la cual presentó mayor homogeneidad en la calidad del agua y con poca área invadida por malezas. Estas dos divisiones se realizaron con el objetivo de analizar si alguna de las dos regionalizaciones explicaba de mejor manera la posible variación encontrada en la posición trófica del género *Chirostoma* con las proporciones de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$. En el primero de los análisis cada uno de los sitios de colecta represento una región independiente, mientras que en el segundo análisis se formaron dos grupos, agrupando a San Jerónimo-Ucasanastacua como la región norte y Napizaro-Embarcadero como región sur (Fig. 6). Estos análisis se realizaron a partir de los datos de las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ (ver anexo) de los peces del género *Chirostoma* de las tallas II y V correspondientes a los meses de septiembre, junio, noviembre del 2009 y febrero y marzo de 2010.



Figura 3. Sitios de colecta definidos para el presente estudio. 1) San Jerónimo, 2) Ucasanastacia, 3) Napizaro y 4) Embarcadero. Según Alcocer y Bernal-Brooks, (2002)

1) Norte, 2) Centro, 3) Sur y 4) Embarcadero.



Figura 4. Sitios de colecta definidos para el análisis de isótopos estables que considera a los grupos 1 que abarca San Jerónimo y Ucasanastacia (Norte) y el grupo 2 constituido por Napizaro y Embarcadero (Sur). Según lo encontrado por Téllez y Motte (1976), la región sur comprende la isla de Janitzio hacia el sur, la zona de Erongaricuaro, Ihuatzio y el muelle y la región norte abarca la región de Quiroga y el cuello del lago hasta el norte de la isla Janitzio.

VIII. RESULTADOS

VIII. 1 Número de muestras para el análisis de contenido estomacal

La curva de acumulación de presas alcanza la asíntota a los 16 tubos digestivos, la curva se obtuvo tomando los individuos al azar, los cuales se revisaron hasta que dejaron de aparecer nuevos artículos alimentarios (Fig. 5), por lo que, de acuerdo a lo obtenido por este análisis, el total de tubos digestivos analizados fue de 30 por sitio, talla y temporada, se eligieron más para tener una aproximación más robusta de los artículos alimentarios consumidos.

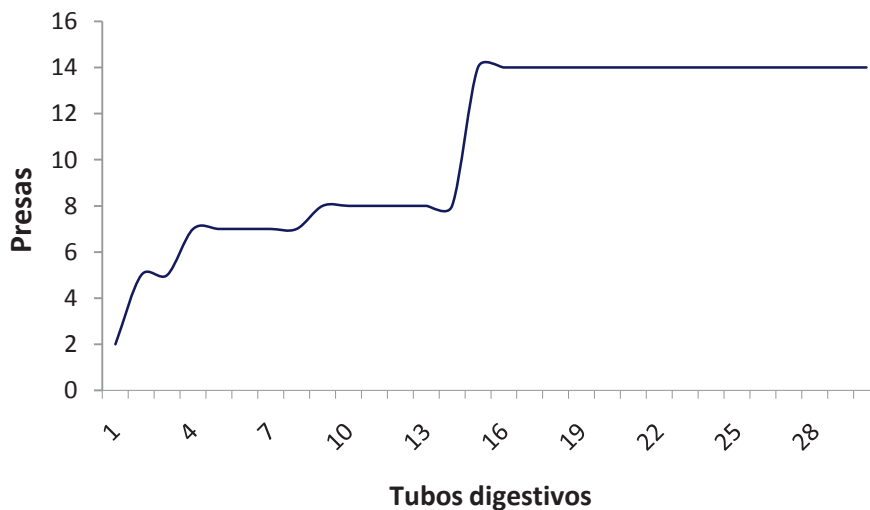


Figura 5. Curva de acumulación de presas del género *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro, Mich.

VIII.2 Parámetros fisicoquímicos

De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos del agua en el lago de Pátzcuaro se presentaron variaciones en la mayoría de las variables medidas (cuadro 2). Se observa que las temperaturas más altas se dan en el mes de septiembre en San Jerónimo, Ucasanastacua y Napizaro a diferencia de Embarcadero que presenta la temperatura más alta en el mes de Mayo. Las temperaturas más bajas se presentaron en el mes de febrero en los cuatro sitios de muestreo. Los valores de pH neutros se presentan únicamente para Embarcadero en los meses de septiembre y noviembre; las condiciones alcalinas se presentan en todos los demás sitios durante todas las temporadas de muestreo, pero en ningún caso se observan condiciones ácidas. Los valores de oxígeno máximos se observan en Ucasanastacua y Napizaro, para San

Jerónimo los valores son similares a los máximos pero presenta valores bajos cercanos a los de Embarcadero, en donde se presentan los valores mínimos en casi todos los meses del año. En septiembre se observan valores distintos en cada sitio. El agua más transparente se presenta en la región de San Jerónimo durante los meses de Septiembre, Noviembre y Febrero y en Mayo se observa mayor transparencia en Napizaro. Embarcadero es el sitio que presenta la menor transparencia en todos los meses de muestreo. En todos los sitios los valores mayores de transparencia se observan en el mes de febrero. Durante los meses de septiembre, febrero y mayo en Napizaro se observan las mayores profundidades, mientras que en el mes de noviembre en Ucasanastacua; el sitio menos profundo es Embarcadero en todos los meses.

Cuadro 2. Promedio de parámetros fisicoquímicos en los cuatro sitios de colecta durante los cuatro meses del año. **Uca-** Ucasanastacua, **Sj-San** Jerónimo, **Emb-Embarcadero**, **Nap-Napizaro**. Temperatura, pH, Sólidos totales disueltos (TDS), oxígeno disuelto, profundidad y turbidez.

Mes	Temperatura				pH				TDS				Oxígeno disuelto				Transparencia				Profundidad				Turbidez			
	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M
SJ	25.3	19.4	16.6	22.1	8.5	9.4	8.8	9.3	0.7	0.5	0.7	0.6	6.5	6.2	7.3	6.0	25.2	36.7	32.7	24.3	137.7	144.3	163.3	135	51.5	42.7	61.2	62.7
UCA	21.9	20.3	16.6	22.1	8.0	9.6	8.8	9.2	0.7	0.5	0.6	0.5	12.3	8.2	7.3	4.0	13.3	17.8	26.3	28.7	223.7	216.7	200	204..3	87.8	65.2	69.8	52.1
NAP	23.7	15.9	16.2	22.2	8.5	8.5	8.8	9.3	0.7	0.5	0.7	0.6	7.8	8.4	7.3	4.5	18.0	13.5	28.7	31.6	241.7	135.7	233.3	253	85.6	86.5	62.8	63.1
EMB	23.8	19.8	18.7	27.1	7.0	7.0	8.4	9.1	0.3	0.4	0.5	0.6	4.9	6.6	4.9	3.2	8.7	11.7	16.0	13.2	113.3	93.0	110.0	103.0	191	147	130.3	127.7

VIII.3. Presas en el ambiente

Los organismos más abundantes en el ambiente fueron los copépodos y los rotíferos. Los cladóceros aparecen con porcentajes bajos en la mayoría de los sitios de muestreo pero no tanto como los ostrácodos que mostraron las abundancias más bajas de los organismos colectados (cuadro 3).

Cuadro 3. Proporciones de presas (org/L) en el ambiente colectadas a lo largo del año. **M**-mayo, **S**-septiembre, **N**-noviembre, **F**-febrero. En negritas se muestran las proporciones de presas más altas durante los cuatro meses de colecta.

Presas	Ucasanastacua				San Jerónimo				Napizaro				Embarcadero			
	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F
Cladóceros	11.54	33.33	18.33	7.68	23.53	50	17.65	19.99	4.55	9.52	16.67	17.39	11.94	13.33	15.79	16.65
Copépodos	57.69	40	38.33	38.51	35.29	40	32.35	44.02	72.73	66.67	30	39.13	41.79	56.67	42.11	12.57
Ostrácodos	11.53				5.88				4.55							
Rotíferos	19.23	26.67	43.33	53.80	35.29	10	50	35.99	18.18	23.81	53.33	43.48	46.27	30	42.11	70.79

Las algas con porcentajes más altos de abundancia fueron las Cyanophytas seguidas de las Bacillariophytas. Mientras que las Euglenophytas y Chlorophytas presentaron los porcentajes más bajos (cuadro 4).

Cuadro 4. Proporción de fitoplancton (org/L) en el ambiente colectado en los meses de septiembre (S) y noviembre (N) 2009. En negritas se muestran las proporciones de algas más altos de cada sitio.

Sitios	Cyanophyta		Bacillariophyta		Euglenophyta		Chlorophyta	
	S	N	S	N	S	N	S	N
SJ	1572.67	294	30.67	15.33	7.33	19	6.67	23
NAP	380	139	131	737.33	8.25	5.33	13.25	45
EMB	35	451.33	314.33	479.67	1.67	132	31	114.33
UCA	2460	1100.67	41.33	189.33	0	32	26	78

VIII.4. Clases de talla

Se obtuvieron los datos relacionados con LP y peso de 1871 ejemplares que fueron sometidos al programa JMP con lo que se seleccionaron siete clases de talla. Debido a que en los intervalos de tallas superiores e inferiores el tamaño de muestra fue limitado, se eligió el intervalo II (38.1-51.2) y el intervalo V (66.6 – 71.1) con la finalidad de tener representados individuos de tallas grandes y pequeñas (cuadro 5).

Cuadro 5. Clases de tallas para el género *Chirostoma*. En negritas se muestran las clases de talla elegidas.

Clase talla	Intervalos	
I	32	38
II	38.1	51.2
III	51.3	61
IV	61.1	66.5
V	66.6	71.1
VI	71.2	78.1
VII	78.2	89.9

Cuadro 6. Lista de los tubos digestivos utilizados para el análisis de contenido estomacal del género *Chirostoma* en cuatro sitios del lago de Pátzcuaro durante los cuatro meses de colecta en las clases de tallas II y V.

Sitio	Mes de colecta	No. Tubos digestivos	
		II	V
Ucazanastacua	Mayo	28	26
San Jerónimo	Mayo	25	6
Napizaro	Mayo	12	14
Embarcadero	Mayo	17	1
Ucazanastacua	Septiembre	10	5
San Jerónimo	Septiembre	10	12
Napizaro	Septiembre	18	7
Embarcadero	Septiembre	13	10

Ucazanastacua	Noviembre	10	7
San Jerónimo	Noviembre	14	19
Napizaro	Noviembre	12	10
Embarcadero	Noviembre	15	7
Ucazanastacua	Febrero	14	15
San Jerónimo	Febrero	9	13
Napizaro	Febrero	11	10
Embarcadero	Febrero	11	10
Total		401	

VIII.5. Gama trófica

La gama trófica de los peces del género *Chirostoma* de las tallas II y V, consta de 27 artículos alimentarios (cuadro 7).

Cuadro 7. Listado de los componentes alimentarios de las especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro, Mich.

Número	Artículo alimentario	Número	Artículo alimentario
1	Cladóceros	15	Ácari
2	Calanoideo	16	Hydracárida
3	Ciclopoideo	17	Odonata
4	Copépodo	18	Trichoptera
5	Tardígrado	19	Colémbola
6	Escamas	20	Ephemeroptera
7	Espinas de pez	21	Otros insectos
8	Pez del género <i>Chirostoma</i>	22	Ostracoda
9	Huevo de pez	23	Algas filamentosas
10	Coleóptera	24	Algas verdes
11	Díptera	25	Algas verde-azules
12	Arácnida	26	Rotífera
13	Hemíptera	27	Tintinada
14	Hymenóptera		

VIII.5.1 Localidad de Ucasanastacua

En Ucasanastacua la gama trófica se compone de 17 artículos alimentarios para las dos clases de talla (cuadro 7). Los análisis realizados para los peces colectados en Ucasanastacua revelan un amplio espectro trófico (cuadro 8). Los peces de la talla II ingirieron 14 artículos alimentarios a lo largo del año entre los que se encuentran como alimentos preferenciales a los integrantes del zooplancton (cladóceros, calanoideos, ciclopoideos), escamas y otros insectos. Los alimentos secundarios están constituidos por escamas, mientras que los artículos ocasionales fueron los ostrácodos, tardígrados, algunos representantes de los insectos y algas. Los peces de la talla V ingirieron 13 artículos alimentarios (cuadro 8) dentro de los cuales prefirieron a los cladóceros, calanoideos, ciclopoideos, dípteros y escamas, a los artículos secundarios lo componen varios grupos de insectos y los artículos alimentarios ocasionales están integrados por algunos insectos (Fig.6 a y b).

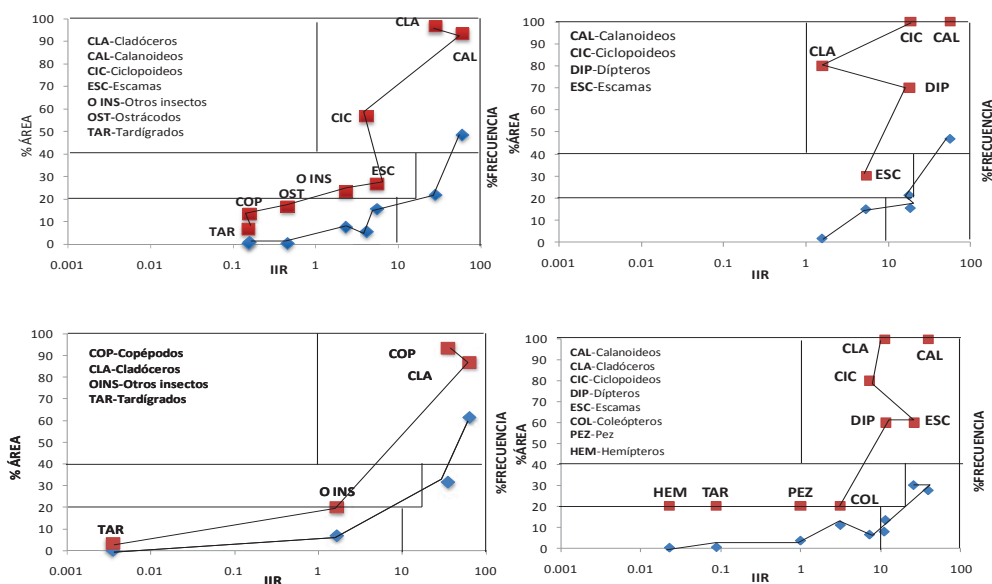


Figura 6 a. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Ucasanastacua durante los meses de mayo (arriba izquierda talla II y derecha V) y septiembre (abajo izquierda talla II y derecha V).

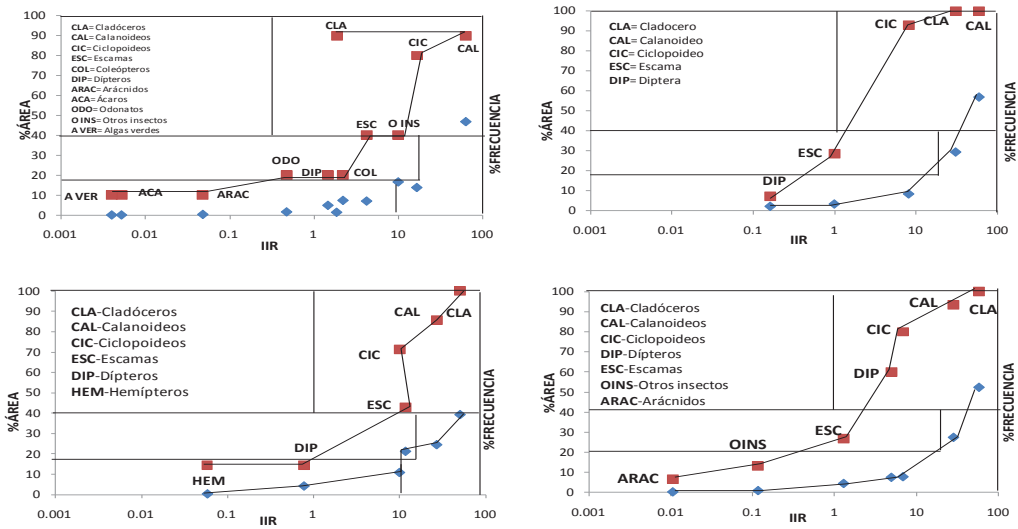


Figura 6 b. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Ucasanastacua durante los meses de noviembre (arriba izquierda talla II y derecha V) y febrero (abajo izquierda talla II y derecha V).

VIII.5.1.1. Frecuencia

En relación a la frecuencia de ocurrencia, el zooplancton, constituido por cladóceros, calanoideos y ciclopoideos fue el que obtuvo mayores porcentajes respecto a los demás artículos alimentarios, seguido de escamas y dípteros. En la talla V son más frecuentes los cladóceros, apareciendo en el 100% de los tubos analizados en los cuatro meses de colecta, mientras que en los tubos digestivos de los peces de talla II aparecieron más frecuentemente los cladóceros, calanoideos y ciclopoideos (cuadro 8).

VIII.5.1.2. Área

En la talla II los calanoideos tuvieron los porcentajes más altos durante todo el año, mientras que para la talla V los cladóceros encabezaron los porcentajes de área (cuadro 8).

VIII.5.2. Localidad de San Jerónimo

La gama trófica se compone de 22 artículos alimentarios para las dos clases de talla. Los peces pequeños ingirieron 10 artículos alimentarios durante todo el año (cuadro 9) su espectro trófico (Fig.7 a y b) se compuso principalmente de calanoideos, ciclopoideos, cladóceros y dípteros chironómidos. Los artículos secundarios están integrados por escamas y en algunas ocasiones dípteros. Complementándose con alimentos circunstanciales como las algas, espinas de pez y ostrácodos. La dieta de los peces grandes consta de tres grupos de alimentos, zooplancton (cladóceros, calanoideos y ciclopoideos), de manera muy importante insectos como dípteros chironómidos y escamas, varios representantes de otros insectos con porcentajes bajos, espinas de pez y algas, probablemente de manera circunstancial.

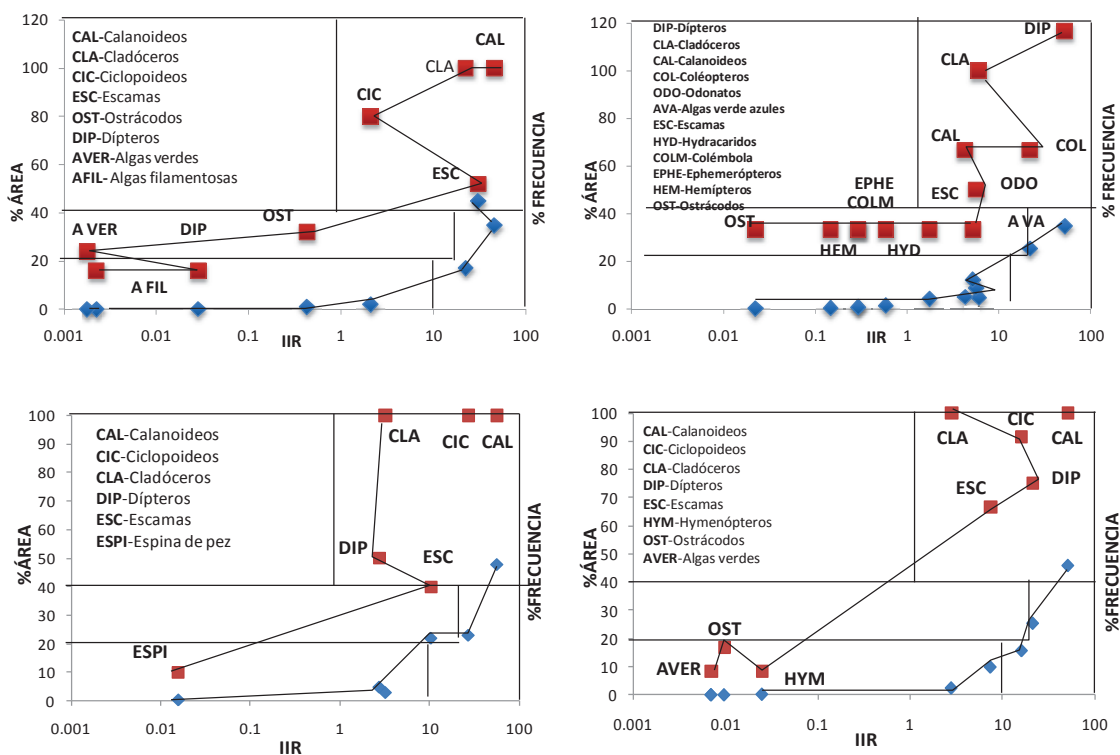


Figura 7 a. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en San Jerónimo durante los meses de mayo (arriba izquierda talla II y derecha V) y septiembre (abajo izquierda talla II y derecha V).

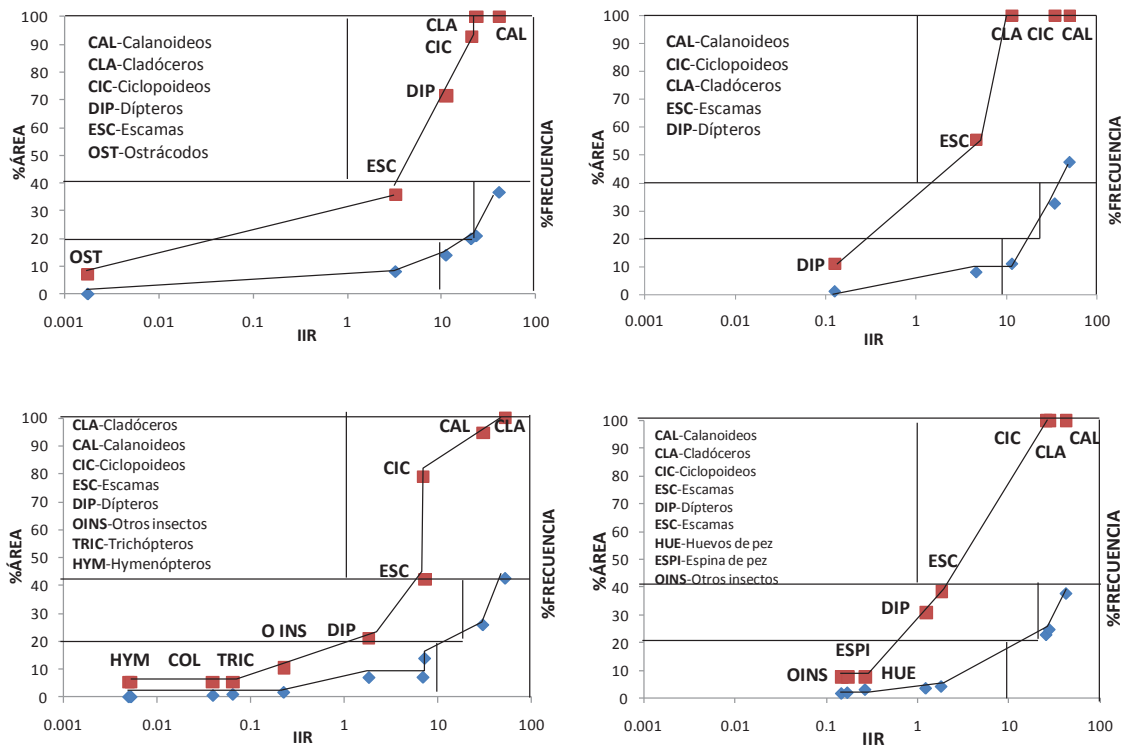


Figura 7 b. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en San Jerónimo durante los meses de noviembre (arriba izquierda talla II y derecha V) y febrero (abajo izquierda talla II y derecha V).

VIII.5.2.1. Frecuencia

En los tubos digestivos de los peces de la talla II los artículos más frecuentes a lo largo del año fueron los cladóceros y los calanoideos, en la talla V se encontró además de estos ciclopoides, dípteros y escamas, que aparecieron en porcentajes importantes para las dos clases de talla (cuadro 9).

VIII.5.2.2. Área

De acuerdo al análisis de área los artículos alimentarios que ocuparon mayor área en los tubos digestivos para la talla II fueron los calanoideos y las escamas. Para la talla V los dípteros, calanoideos y cladóceros (cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género *Chirostoma* de las clases de talla II y V en San Jerónimo que muestra la gama trófica, frecuencia (%F), área (%A) e índice de importancia relativa (%IIR). M.S.N.F=Meses de colecta mayo, septiembre, noviembre y febrero. **Cla**-cladóceros, **cal**-calanoideos, **cic**-ciclopóideos, **esc**-escamas, **espi**-espina de pez, **hue**-huevo de pez, **col**-coleóptero, **dip**-díptero, **hem**-hemíptero, **hym**-himenóptero, **hyd**-hydracáridae, **odo**-odonato, **tric**-trichóptero, **colm**-colémbolo, **ephe**-ephemeróptero, **o.ins**-otros insectos, **ost**-ostrácodos, **a.fil**-algas filamentosas, **a.ver**-algas verdes, **a.va**-algas verde azules, **rot**-rotíferos y **tint**-tintínido. En negritas se muestran los porcentajes más altos del IIR para cada clase de talla y mes.

Gama trófica	FRECUCENCIA												ÁREA												IIR											
	II				V				II				V				II				V				II				V							
	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F	M	S	N	F				
CLA	100	100	100	100	100	100	100	100	17.1	2.7	21.0	11.0	4.7	2.5	42.6	22.9	22.2	3.2	23.5	11.5	6.1	2.8	53.0	25.8	22.2	3.2	23.5	11.5	6.1	2.8	53.0	25.8				
CAL	100	100	100	100	67	100	94.7	100	34.8	47.8	36.8	47.4	5.0	45.9	25.9	37.8	45.1	56.6	41.2	49.7	4.3	51.8	30.6	42.6	45.1	56.6	41.2	49.7	4.3	51.8	30.6	42.6				
CIC	76	100	92.9	100	67	92	78.9	100	2.0	22.9	20.0	32.6	2.3	15.7	7.1	24.8	2.1	27.1	20.8	34.1	1.9	16.3	7.0	27.9	2.1	27.1	20.8	34.1	1.9	16.3	7.0	27.9				
ESC	52	40	35.7	55.6	33	67	42.1	38.5	44.9	21.8	8.1	8.0	4.1	9.9	13.9	4.2	30.2	10.3	3.3	4.6	1.8	7.5	7.3	1.8	30.2	10.3	3.3	4.6	1.8	7.5	7.3	1.8				
ESPI	10							7.7	0.1						1.7		0.02							0.1	0.02							0.1				
HUE								7.7							3.1									0.3								0.3				
COL					67		5.3						25.3		0.6						21.7		0.04						21.7		0.04					
DIP	16	50	71.4	11.1	117	75	21.1	30.8	0.1	4.6	14.0	1.1	34.7	25.5	7.0	3.6	0.03	2.7	11.2	0.1	52.1	21.5	1.8	1.2	0.03	2.7	11.2	0.1	52.1	21.5	1.8	1.2				
HEM					33								0.3								0.1								0.1							
HYM						8	5.3							0.3	0.07							0.02	0.005							0.02	0.005					
HYD					33								1.4								0.6								0.6							
ODO					50								8.7								5.6								5.6							
TRIC							5.3								1.0								0.06								0.06					
COLM					33								0.7								0.3								0.3							
EPHE					33								0.7								0.3								0.3							
O INS							10.5								1.7								0.2								0.2					
OST	32		7.1		33	16.7			1.03		0.02		0.05	0.05			0.4		0.002		0.02	0.01			0.4		0.002		0.02	0.01						
A FIL	16					8.3			0.01				0.07	0.07			0.002					0.007			0.002				0.007	0.007						
A VER	24					8.3			0.01				0.07	0.07			0.002					0.007			0.002				0.007	0.007						
A VA					33								12.1								5.2								5.2							
ROT							7.1				0.01																									
TINT								5.3							0.08																	0.005				

VIII.5.3. Localidad de Napizaro

La gama trófica está compuesta de 10 artículos alimentarios (cuadro 10) para las dos clases de talla, para la talla II la componen 9 artículos alimentarios incluyendo entre los artículos preferenciales a calanoideos, cladóceros, ciclopoideos y escamas, los artículos secundarios están integrados por ostrácodos y algunos grupos de insectos. Los artículos accidentales están constituidos por dípteros y algas. La dieta de los peces de talla V fue similar aunque su espectro trófico se compone de 7 artículos alimentarios (Fig. 8 a y b).

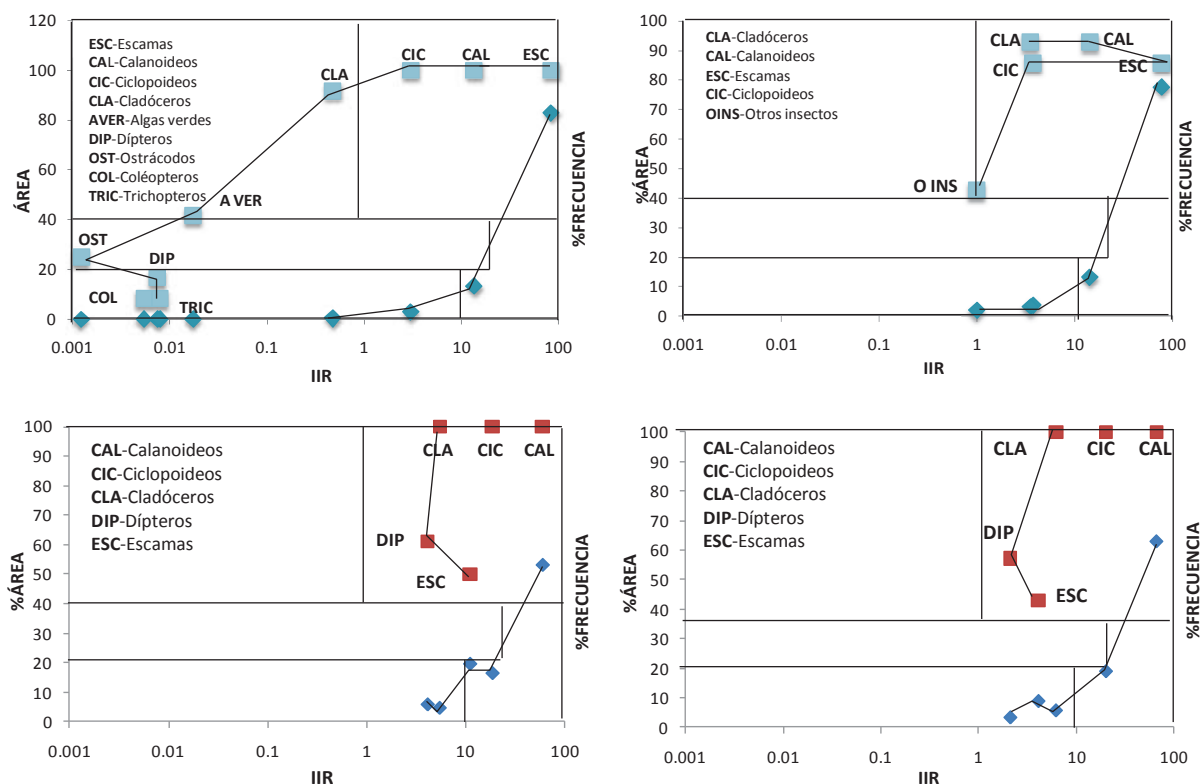


Figura 8 a. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Napizaro durante los meses de mayo (arriba izquierda talla II y derecha V) y septiembre (abajo izquierda talla II y derecha V).

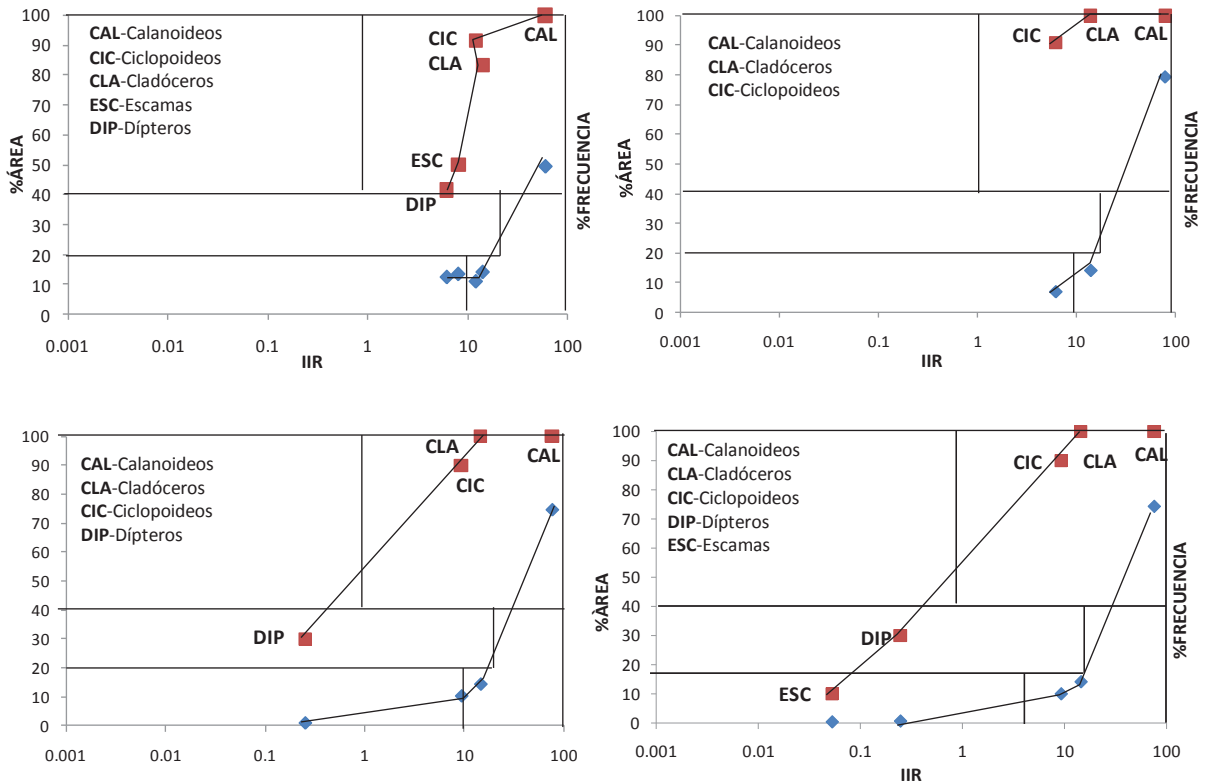


Figura 8 b. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Napizaro durante los meses de noviembre (arriba izquierda talla II y derecha V) y febrero (abajo izquierda talla II y derecha V).

VIII.5.3.1. Frecuencia

Los artículos más frecuentes para los integrantes de la tallas II y V fueron los calanoideos, ciclopoideos, cladóceros, escamas, dípteros y ostrácodos (cuadro 10).

VIII.5.3.2. Área

Los mayores porcentajes de área fueron ocupados por los calanoideos y escamas en las dos clases de talla (cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género *Chirostoma* de las clases de talla II y V en Napizaro que muestra la gama trófica, frecuencia (%F), área (%A) e índice de importancia relativa (%IIR). **M,S,N,F**=Meses de colecta mayo, septiembre, noviembre y febrero. **Cl**a-cladóceros, **cal**-calanoideos, **cic**-ciclopóideos, **esc**-escamas, **col**-coleóptero, **dip**-díptero, **tric**-trichóptero, **o.ins**-otros insectos, **ost**-ostrácodos, **a.ver**-algas verdes. En negritas se muestran los mayores porcentajes de IIR para cada clase de talla y mes.

Gama trófica	FRECUENCIA												ÁREA												IIR																																					
	II						V						II						V						II						V																															
	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F																										
CLA	91.7	100	83.3	100	92.9	100	100	100	100	100	0.5	4.8	14.0	14.0	3.3	5.8	14.3	14.2	0.5	5.5	14.1	14.0	0.5	5.5	14.1	14.0	3.5	6.2	14.5	14.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.5	6.2	14.5	14.5																
CAL	100	100	100	100	92.9	100	100	100	100	100	13.4	52.9	49.3	79.3	13.3	62.8	74.7	74.3	13.4	60.3	59.5	79.8	13.4	60.3	59.5	79.8	14.3	67.2	75.9	75.9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	14.3	67.2	75.9	75.9																
CIC	100	100	91.7	90.9	85.7	100	90	90	90	90	3.0	16.5	10.9	6.8	3.8	19.0	10.2	10.1	3.0	18.8	12.1	6.2	3.0	18.8	12.1	6.2	3.8	20.4	9.3	9.3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.8	20.4	9.3	9.3																
ESC	100	50	50	50	85.7	42.9	10	10	10	10	82.9	19.7	13.4	13.4	77.7	9.0	0.5	0.5	83.1	11.2	8.1	8.1	83.1	11.2	8.1	8.1	77.4	4.1	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	77.4	4.1	0.05	0.05																
COL	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01																
DIP	16.7	61.1	41.7	41.7	57.1	30	30	30	30	30	0.04	6.0	12.3	12.3	0.04	6.0	12.3	12.3	0.04	6.0	12.3	12.3	0.04	6.0	12.3	12.3	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2	0.01	4.2	6.2	6.2
TRIC	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01												
O INS	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0												
OST	25	25	25	25	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003												
A VER	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02												

VIII.5.4. Localidad de Embarcadero

La gama trófica se compone de 11 artículos alimentarios (cuadro 11) en las dos clases de talla. El espectro trófico de los peces de la talla II está compuesta por 8 artículos alimentarios reconociendo como artículos preferenciales a los calanoideos, cladóceros, ciclopoideos y escamas, entre los artículos secundarios aparecen los ostrácodos y los dípteros, mientras que en los componentes alimentarios circunstanciales se incluyen a los dípteros, ostrácodos y algas. La talla V presentan un espectro trófico de 10 artículos alimentarios alimentándose principalmente de cladóceros, calanoideos, ciclopoideos, utilizando como alimentos secundarios a los dípteros y como artículos alimentarios ocasionales a peces del género *Chirostoma*, ostrácodos, algas y tardígrados (fig. 9 a y b).

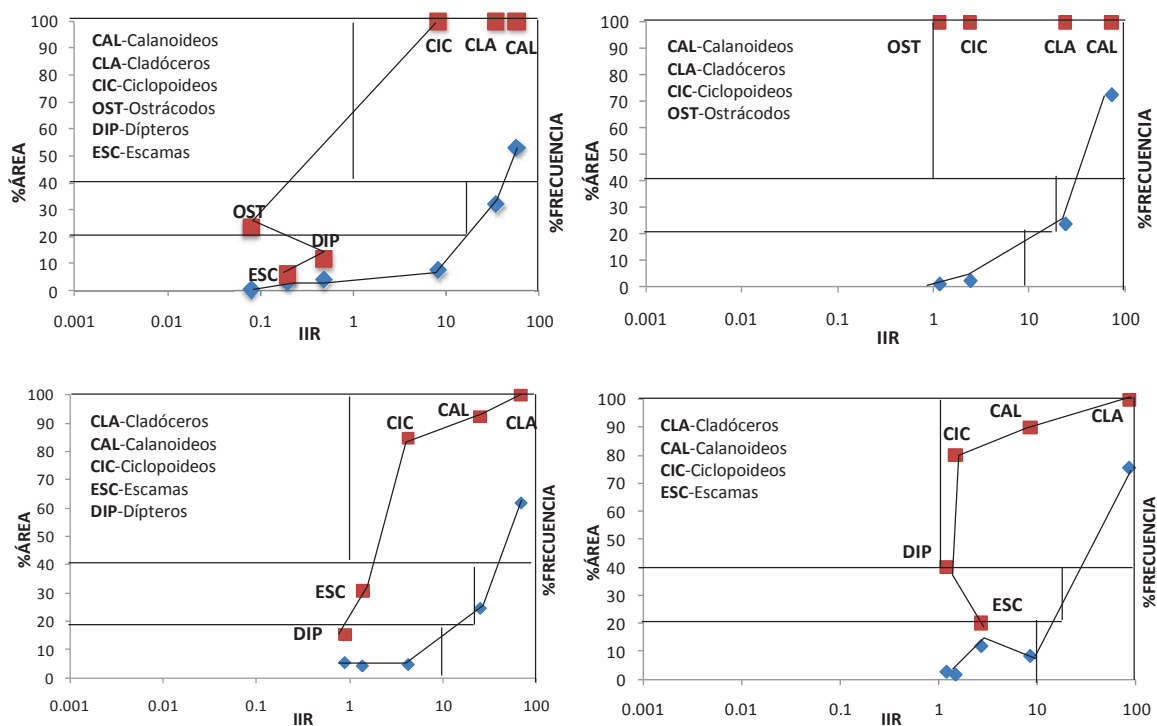


Figura 9 a. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Embarcadero durante los meses de mayo (arriba izquierda talla II y derecha V) y septiembre (abajo izquierda talla II y derecha V).

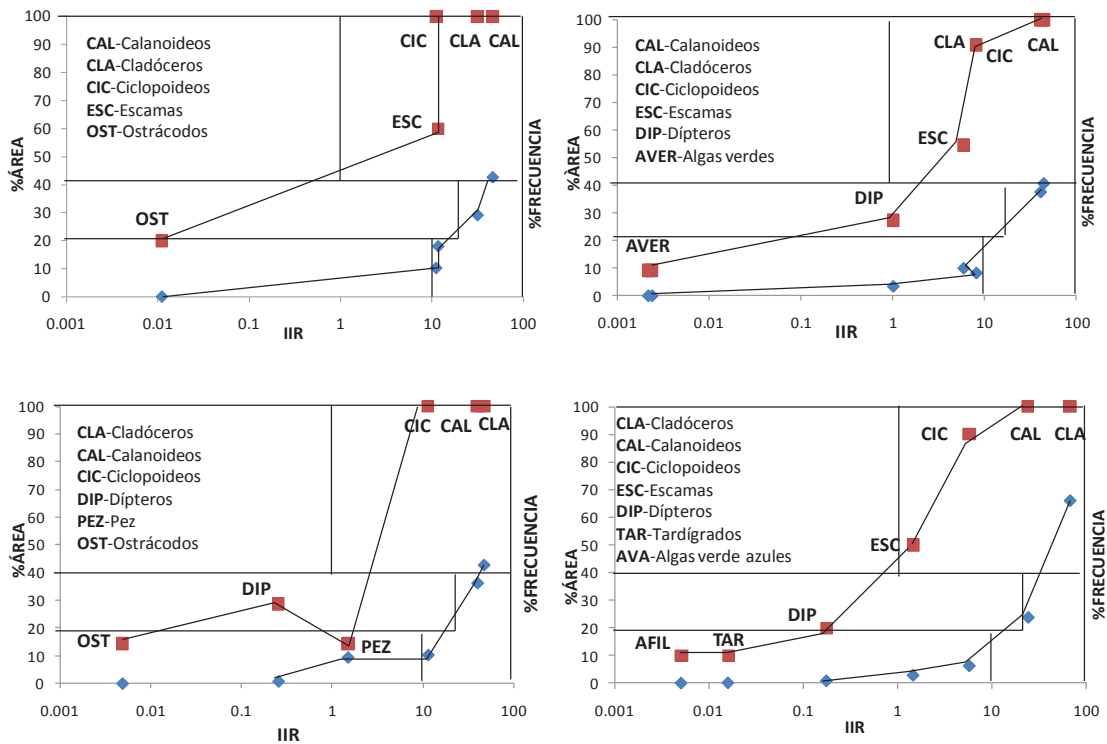


Figura 9 b. Espectro trófico combinado del género *Chirostoma* en Embarcadero durante los meses de noviembre (arriba izquierda talla II y derecha V) y febrero (abajo izquierda talla II y derecha V).

VIII.5.4.1. Frecuencia

El análisis de frecuencia mostró que los integrantes del zooplancton (cladóceros, calanoideos y ciclopoideos) fueron los que tuvieron mayores porcentajes en las dos clases de talla (cuadro 11).

VIII.5.4.2. Área

Los artículos que ocuparon mayor área en los tubos digestivos fueron los calanoideos y cladóceros en las dos clases de talla (cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo para el género *Chirostoma* de las clases de talla II y V en Embarcadero que muestra la gama trófica, frecuencia (%F), área (%A) e índice de importancia relativa (%IIR). **M, S, N, F**=Meses de colecta mayo, septiembre, noviembre y febrero. **Cladóceros, cal-calanoideos, cic-ciclopoides, tar-** tardígrado, **esc-escamas, pez-** pez, **dip-**díptero, **ost-**ostrácodo, **a fil-**algas filamentosas, **a.ver-**algas verdes, **rot-**rotífero. En negritas se muestran los porcentajes más altos de IIR de cada clase de talla y mes.

Gama trófica	FRECUENCIA												ÁREA												IIR															
	II						V						II						V						II						V									
	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F	M	S	N	F	M	F				
CLA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CAL	100	92.3	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	90	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100
CIC	100	84.6	100	90.9	100	100	100	80	100	90	100	100	80	100	90	100	100	80	100	90	100	100	100	80	100	90	100	100	100	80	100	90	100	100	100	80	100	90	100	100
TAR						10				10					10					10						10						10						10		
ESC	5.9	30.8	60	54.5			20			50		20			50		20			50			20			50			20			50			20			50		
PEZ						14.3									14.3											14.3														
DIP	11.8	15.4		27.3			40	28.6	20			40	28.6	20			40	28.6	20				40	28.6	20				40	28.6	20				40	28.6	20			
OST	23.5		20		100		100					100					100						100						100						100					
A FIL				9.1						10					10					10						10						10						10		
A VER				9.1																																				
ROT							10					10					10						10						10						10					

VIII.6 Gremio trófico

Se puede observar que los peces del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V en distintas temporadas y sitios utilizan los mismos recursos para su alimentación comportándose como carnívoros, zooplanctófagos.

Cuadro 12. Gremio trófico de los peces del género *Chirostoma* de las tallas II y V en las cuatro localidades durante los cuatro meses de colecta. M-mayo, S-Septiembre, N-noviembre y F-Febrero. Clases de talla: II- V.

Sitio	Temporada	Talla		Composición trófica	Gremio trófico
Ucasanastacua	M,S,N,F	II	V	Zooplancton, insectos y en ocasiones peces.	Carnívoro, zooplanctófago
San Jerónimo	M,S,N,F	II	V	Zooplancton, insectos y en ocasiones peces.	Carnívoro, zooplanctófago
Napizaro	M,S,N,F	II	V	Zooplancton, insectos y en ocasiones peces.	Carnívoro, zooplanctófago.
Embarcadero	M,S,N,F	II	V	Zooplancton, insectos y en ocasiones peces.	Carnívoro, zooplanctófago.

VIII.7. Análisis de varianza

EL análisis de varianza refleja que no existen diferencias significativas entre las presas consumidas por los peces del género *Chirostoma* durante los cuatro meses de colecta (Fig. 10) y entre los sitios de muestreo (Fig. 11). Sin embargo, se observan diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los peces de la clase de talla II que son los peces pequeños y los grandes que corresponden a la talla V (Fig.12).

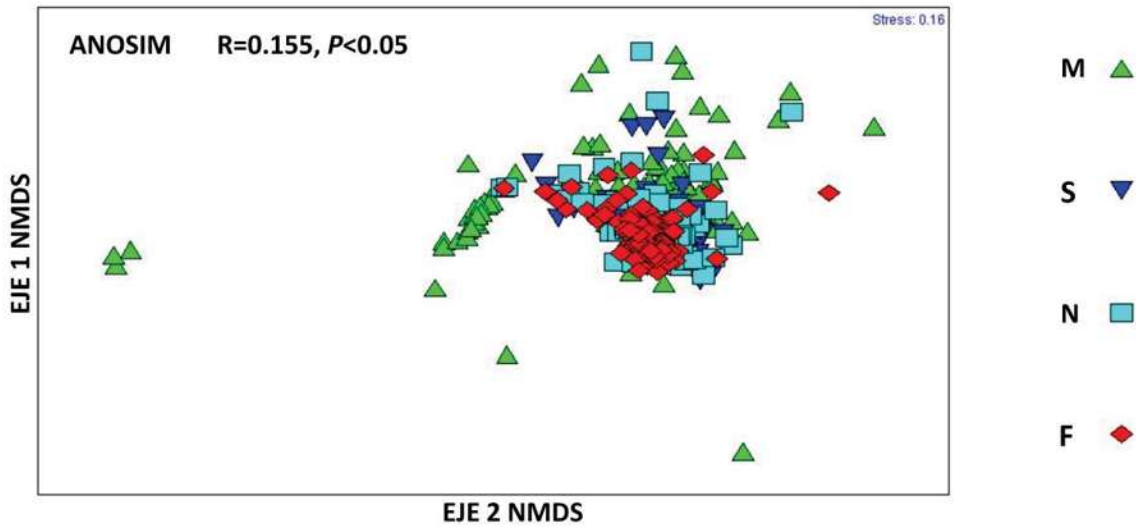


Figura 10. Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género *Chirostoma* durante los cuatro meses de colecta. **M**-Mayo, **S**-Septiembre, **N**-Noviembre, **F**-Febrero. Cada punto está en dos dimensiones Eje 1 y Eje 2. Representación basada en una escala global, análisis multidimensional no paramétrico

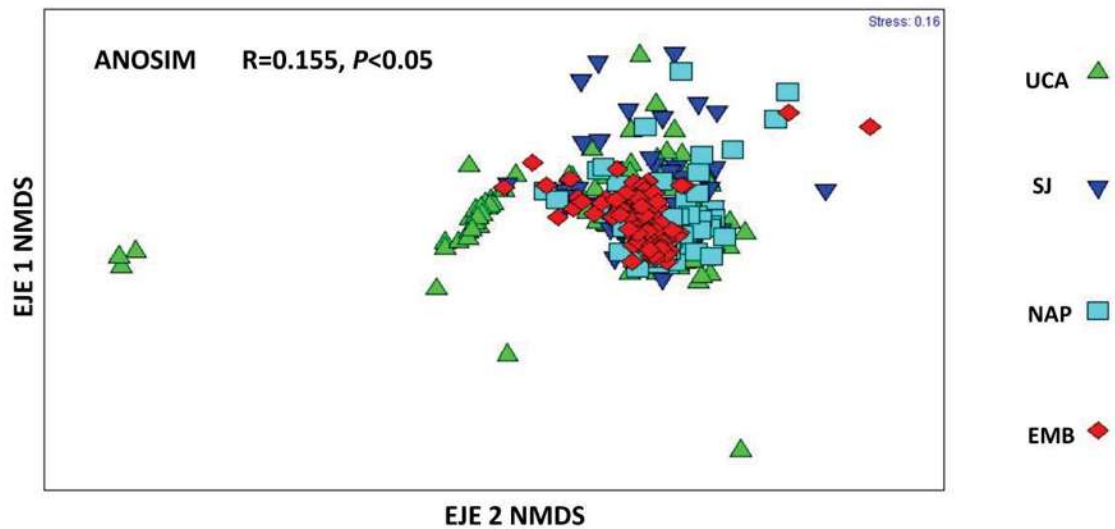


Figura 11. Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género *Chirostoma* en los cuatro sitios de colecta. **UCA**- Ucasanastacua, **SJ**- San Jerónimo, **NAP**-Napizaro, **EMB**-Embarcadero. Cada punto está en dos dimensiones Eje 1 y Eje 2. Representación basada en una escala global, análisis multidimensional no paramétrico (NMDS).

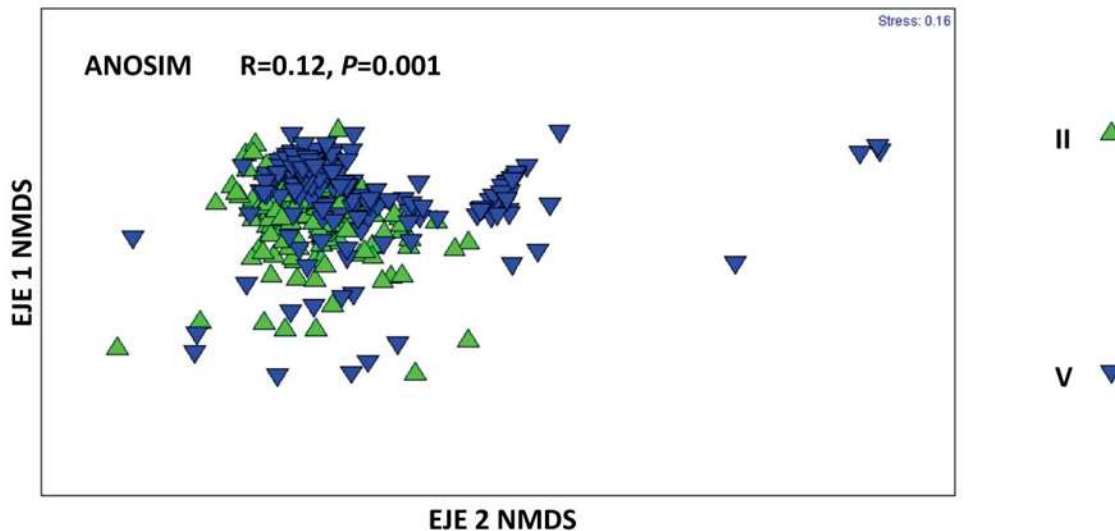


Figura 12. Análisis de varianza de las presas encontradas en los tubos digestivos del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V. Cada punto está en dos dimensiones Eje 1 y Eje 2. Representación basada en una escala global, análisis multidimensional no paramétrico (NMDS).

VIII.8. Amplitud de dieta

El análisis de amplitud de dieta estandarizado muestra valores menores a 0.5 para ambas clases de talla, por lo que, de acuerdo con estos valores, se consideran organismos especialistas (cuadro 13). Los valores más altos se observan en San Jerónimo durante el mes de noviembre para la talla II y en septiembre para la talla V, sin embargo estos valores no excediendo de 0.3 para ninguno de los casos. Los valores más bajos se encontraron en Napizaro durante los meses de Febrero y Mayo para las dos clases de talla y en Septiembre para Embarcadero únicamente en la talla V.

Cuadro 13. Amplitud de dieta (índice de Levin) de las clases de talla II y V del género *Chirostoma* en cuatro sitios de estudio correspondientes a cuatro colectas durante todo el año en el lago de Pátzcuaro, Mich. **SEP**-septiembre, **NOV**-noviembre, **FEB**-febrero, **MAY**-mayo.

	UCA		SJ		NAP		EMB	
Mes/talla	II	V	II	V	II	V	II	V
SEP	0.13	0.24	0.12	0.16	0.12	0.08	0.07	0.03
NOV	0.11	0.15	0.21	0.13	0.13	0.05	0.17	0.13
FEB	0.10	0.11	0.14	0.17	0.04	0.05	0.14	0.08
MAY	0.10	0.05	0.16	0.17	0.04	0.05	0.10	0.06

VIII.9 Posición trófica cuatro regiones en el lago

VIII.9.1. Posición trófica espacial

Clase de talla II

Los valores promedio de la posición trófica en los cuatro sitios de colecta sugieren que los peces del género *Chirostoma* de la talla II se ubican en el nivel trófico de los consumidores secundarios (Fig. 13). Los valores fluctuaron de 3.03 (con ambas metodologías) hasta 3.38 (contenido estomacal), los valores más altos se presentaron en Napizaro y San Jerónimo, mientras que los valores más bajos se observaron en Ucasanastacua y Embarcadero (cuadro 14). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de posición trófica con ambas metodologías (cuadro 14).

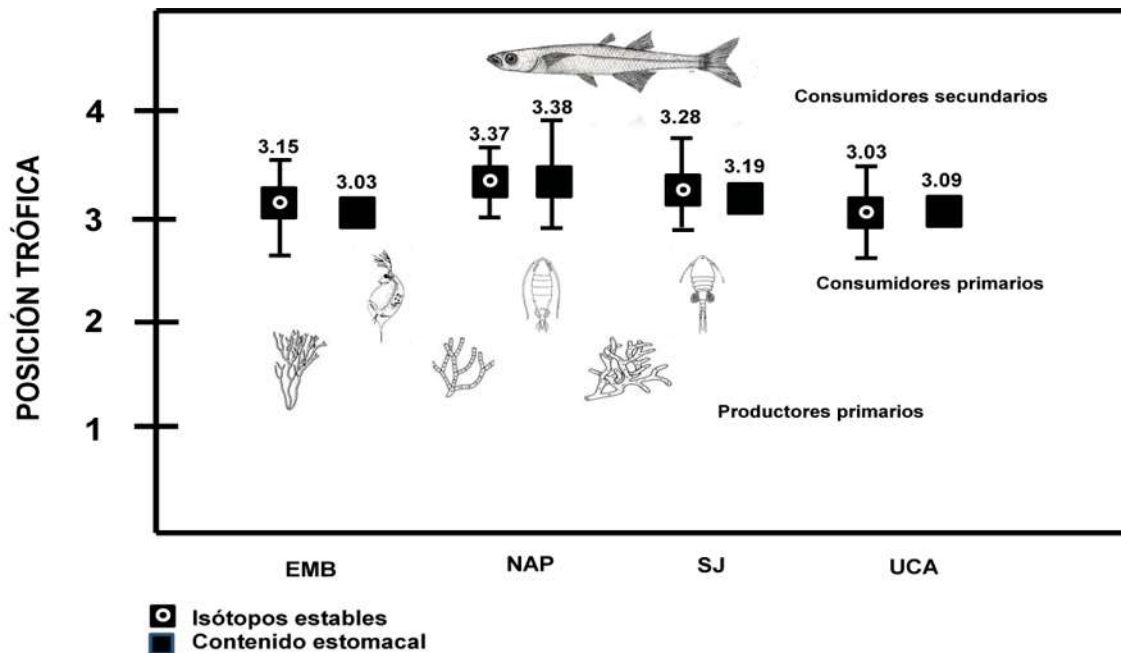


Figura 13. Promedio de la posición trófica con contenido estomacal con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}N$ del género *Chirostoma* de la talla II correspondiente a los cuatro sitios de colecta, Embarcadero (EMB), Napizaro (NAP), San Jerónimo (SJ) y Ucasanastacua (UCA).

Clase de talla V

La estimación de la posición trófica de los peces de la talla V indica que dentro de la cadena trófica, los peces de la talla V se ubican en el nivel trófico de los consumidores secundarios e incluso de consumidores primarios (Fig. 14). Los valores variaron de 2.79 a 3.63 (isótopos estables) y de 3.02 a 3.30 (contenido estomacal) (cuadro 14). Al igual que los valores de los peces de la talla II se observa que los valores más altos se presentan en Embarcadero y Napizaro, mientras que los más bajos en San Jerónimo y Ucasanastacua. Sin embargo, a diferencia de la talla II, se encontraron valores menores a 3 en los sitios con los valores más bajos. Se observa que los valores obtenidos en ambas metodologías son similares, observando diferencias significativas entre las firmas isotópicas de los peces de Embarcadero-San Jerónimo-Ucasanastacua y entre Ucasanastacua y Napizaro (cuadro 15 y 16).

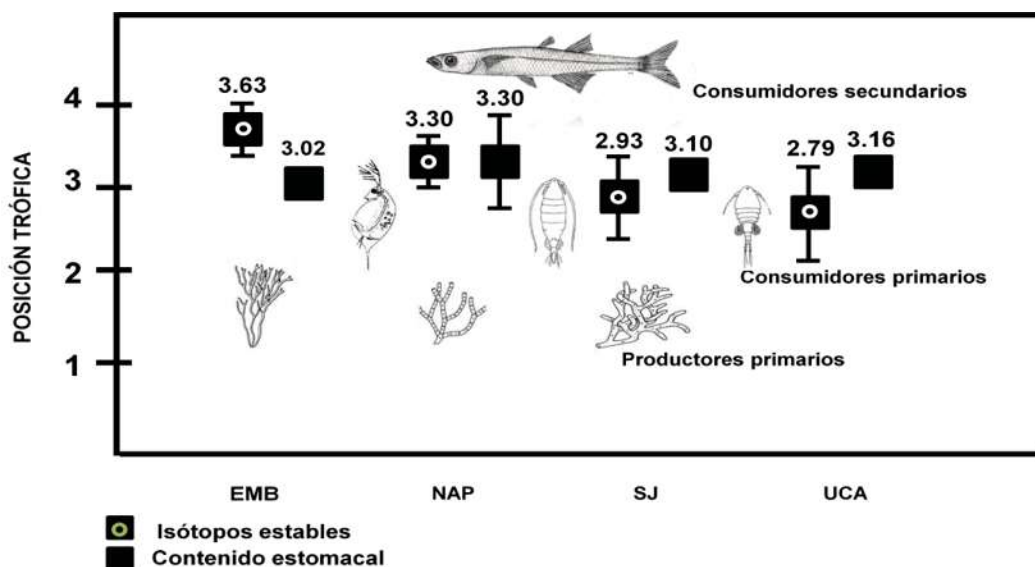


Figura 14. Promedio de la posición trófica con contenido estomacal con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género *Chirostoma* de la talla V correspondiente a los cuatro sitios de colecta, Embarcadero (EMB), Napizaro (NAP), San Jerónimo (SJ) y Ucasanastacua (UCA).

Cuadro 14. Cálculo del promedio de la posición trófica ($\pm\text{DE}$) para el género *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro, Mich. C.E-Contenido estomacal, I.E-Isótopos estables.

	Posición trófica				SD			
	II		V		II		V	
ESPACIAL	C.E	I.E	C.E	I.E	C.E	I.E	C.E	I.E
EMB	3.03	3.15	3.02	3.63	0.12	0.47	0.01	0.19
NAP	3.38	3.37	3.31	3.30	0.31	0.36	0.57	0.24
SJ	3.19	3.28	3.11	2.93	0.27	0.52	0.05	0.36
UCA	3.09	3.03	3.16	2.79	0.20	0.50	0.20	0.40
TEMPORAL								
Mayo	3.45	3.68	3.33	2.68	0.36		0.30	0.58
Septiembre	3.12	3.17	3.17	3.3	0.22	0.17	0.26	0.42
Noviembre	3.08	2.93	3.08	2.36	0.20		0.16	
Febrero	3.05	3.45	3.02	3.43	0.12	0.28	0.10	0.17
CLASE DE TALLA								
II	3.17	3.21			0.30	0.13		
V			3.15	3.17			0.29	0.33

Cuadro 15. Análisis de varianza de la posición trófica del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V con el estadístico ANOVA.

	F ratio		Prob. F		Sign.(P<0.05)	
ESPACIAL	15	15	1.0477	0.6230	0.4070	0.6136
TEMPORAL	15	15	1.8068	0.8119	0.1995	0.5115
CLASE DE TALLA II y V	31		0.0551			0.8159

Cuadro 16. Análisis de varianza de la posición trófica del género *Chirostoma* espacio-temporal y entre clases de talla. NS-No significativo.

SITIO	EMB		NAP		SJ		UCA	
	II	V	II	V	II	V	II	V
EMB	NS	NS	NS	NS	NS	P<0.05	NS	P<0.05
NAP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	P<0.05
SJ	NS	P<0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
UCA	NS	P<0.05	NS	P<0.05	NS	NS	NS	NS

CLASE DE TALLA	II	V
II	NS	NS
V	NS	NS

TEMPORAL	MAYO		SEPTIEMBRE		NOVIEMBRE		FEBRERO	
	II	V	II	V	II	V	II	V
MAYO	NS	NS	NS	P<0.05	NS	NS	NS	P<0.05
SEPTIEMBRE	NS	P<0.05	N	NS	NS	P<0.05	NS	NS
NOVIEMBRE	NS	NS	NS	P<0.05	NS	NS	NS	P<0.05
FEBRERO	NS	P<0.05	NS	NS	NS	P<0.05	NS	NS

VIII.9.2. Posición trófica temporal

Clase de talla II

De manera temporal se observa que los valores promedio de la posición trófica del género *Chirostoma* de la talla II lo ubican en el nivel trófico de los consumidores secundarios y

únicamente durante el mes de noviembre en el nivel trófico 2, es decir, como consumidores primarios (Figura 15). Los valores mayores se presentaron en el mes de mayo y los menores en noviembre. Sin embargo, los valores de posición trófica son similares para ambas metodologías (cuadro 14).

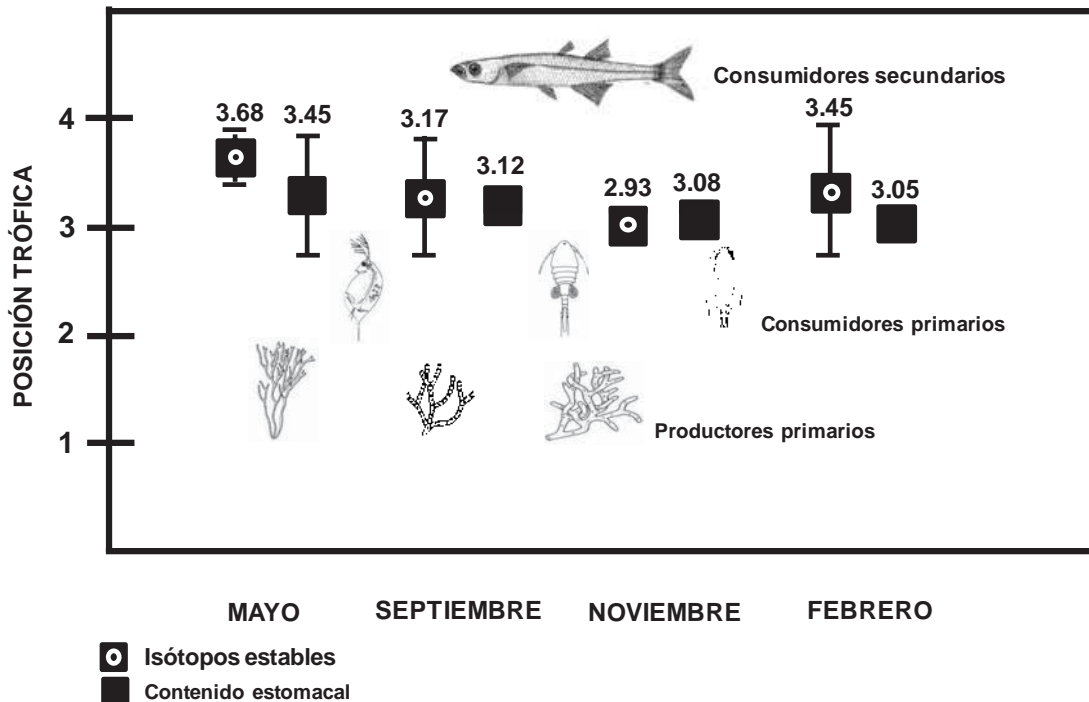


Figura 15. Promedio de la posición trófica con contenido estomacal con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género *Chirostoma* de la talla II correspondiente a los cuatro meses de colecta en el lago de Pátzcuaro.

Clase de talla V

Los peces de la talla V durante todo el año se ubicaron en los niveles tróficos de los consumidores primarios y secundarios (Fig. 16). Los valores promedio de posición trófica más bajos se mostraron durante el mes de noviembre al igual que en la talla II, mientras que los mayores en el mes de septiembre (cuadro 14). Las posiciones tróficas menores a 3 corresponden a las firmas isotópicas de nitrógeno apareciendo como los valores más bajos en todo el año, notando que durante el mes de noviembre se presentan diferencias claras en la posición trófica entre los dos análisis, observándose diferencias significativas entre los meses de septiembre, noviembre y mayo, además febrero, mayo y noviembre (cuadro 15 y 16).

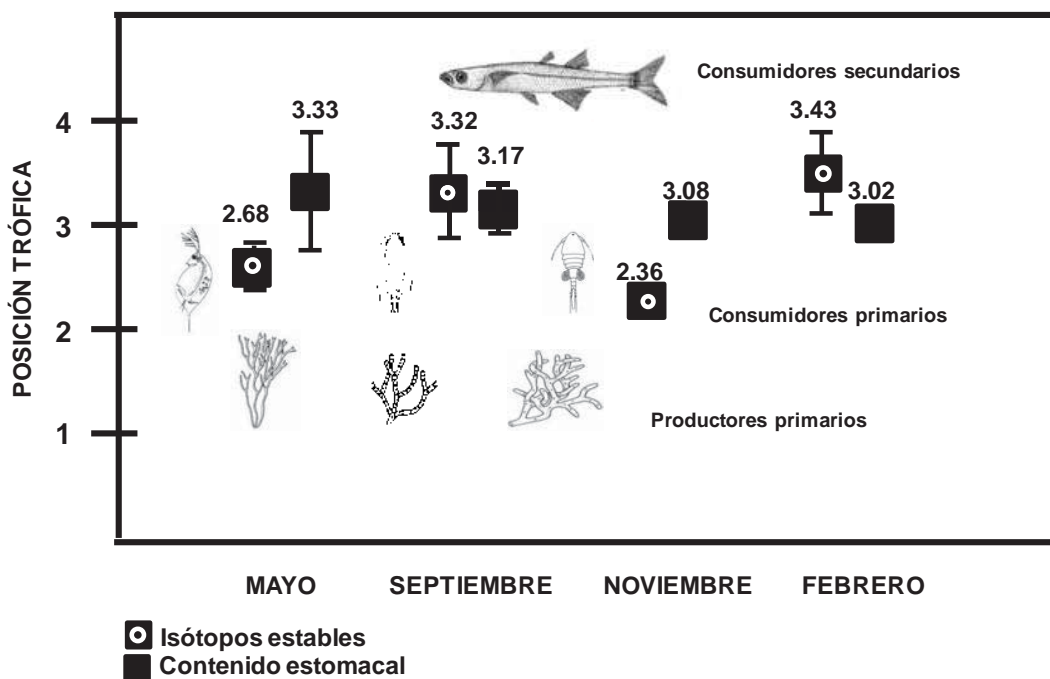


Figura 16. Promedio de la posición trófica con contenido estomacal con las proporciones de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ del género *Chirostoma* de la talla V correspondiente a los cuatro meses de colecta en el lago de Pátzcuaro.

Adicionalmente, se calculó la posición trófica de los únicos dos organismos colectados de la especie *C. estor* debido a que ha sido considerada como una especie ictiófaga que se alimenta de peces más pequeños como los charales (Martín del Campo, 1940; Solórzano, 1961; Rosas, 1976; Aguilar, 2004; Ross et al. 2005), lo cual sirve como punto de comparación para el resto de los individuos del género. Esta especie solo se colectó en Napizaro y Ucasanastacua, los dos ejemplares colectados tenían una talla juvenil, midiendo para el primero sitio 16.84 cm y 20.05 cm para el segundo. Se observó, que los individuos se ubicaron en ambos sitios como consumidores secundarios (Fig. 17).

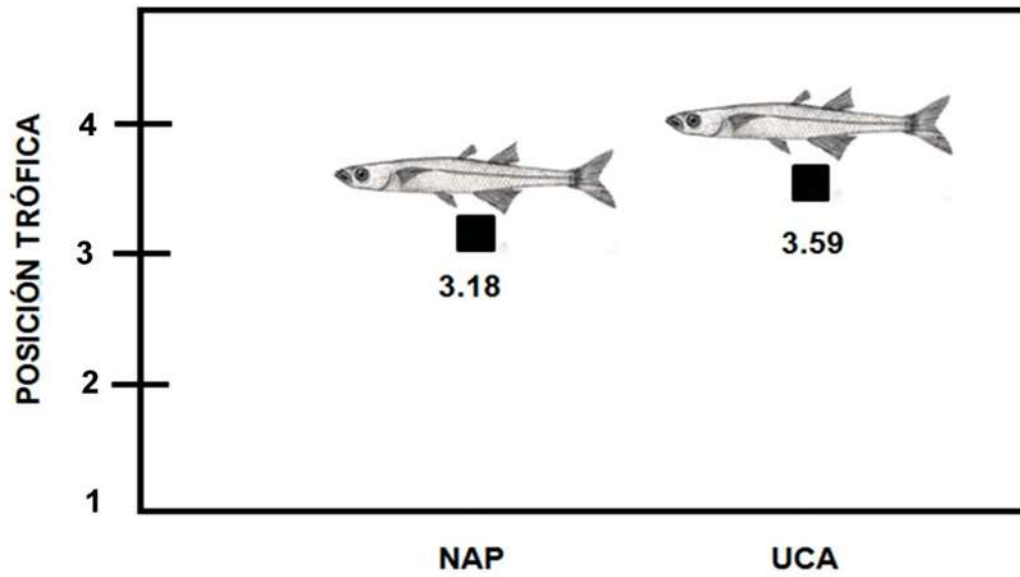


Figura 17. Representación gráfica de la estimación de la posición trófica de *Chirostoma estor* usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$. **NAP**-Napizaro y **UCA**-Ucasanastacua.

VIII.9.3. Posición trófica entre clases de talla

El género *Chirostoma* se ubica como consumidor secundario dentro de la cadena trófica, ya que la estimación de la posición trófica (Cuadro 14, fig. 18) de las clases de talla II y V con ambas metodologías es similar, es decir, no se aprecian diferencias (cuadro 15,16), observando valores ligeramente más altos con las firmas isotópicas de nitrógeno.

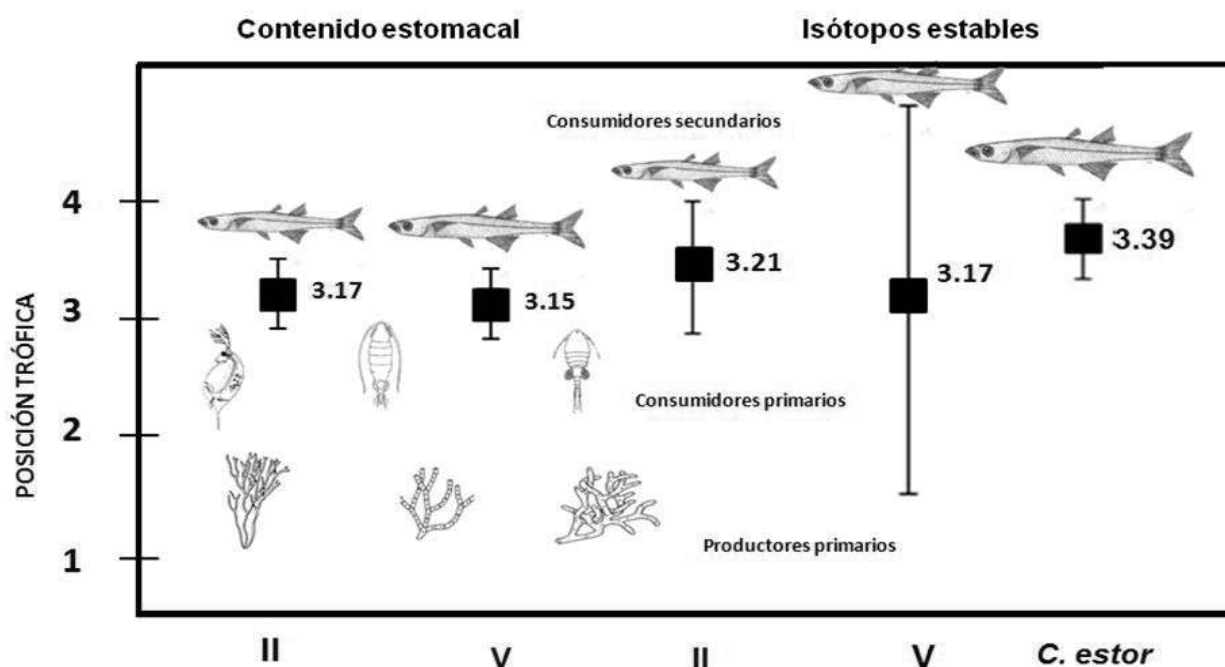


Figura 18. Promedio de la posición trófica utilizando el análisis de isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$ y contenido estomacal del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V y de la especie *C. estor* en el lago de Pátzcuaro, Mich.

VI.9.4. Proporciones isotópicas de Carbono $\delta^{13}\text{C}$

Las variaciones entre las presas colectadas con las firmas isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ para el análisis de isótopos estables es mayor en los organismos del zoobentos, mientras que las proporciones de carbono menores tienen que ver con las tallas de peces más pequeñas y entre más grande es el organismo mayores son los valores de las firmas isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 19).

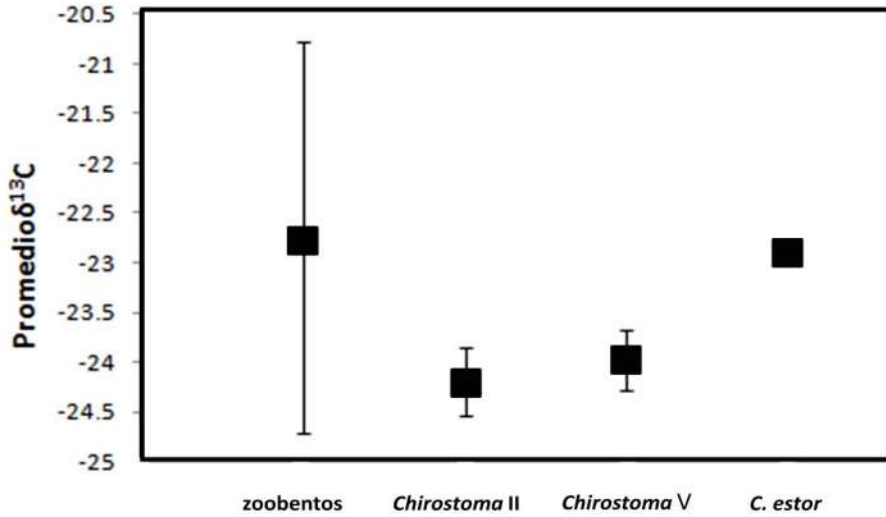


Figura 19. Promedio de las proporciones isotópicas $\delta^{13}C$ del género *Chirostoma* en distintas clases de talla y del zoobentos durante el mes de septiembre.

Se observa que según las proporciones isotópicas $\delta^{13}C$ en Napizaro se aprecian los valores más bajos respecto a los otros tres sitios que son similares en los valores de sus firmas isotópicas (Fig. 20).

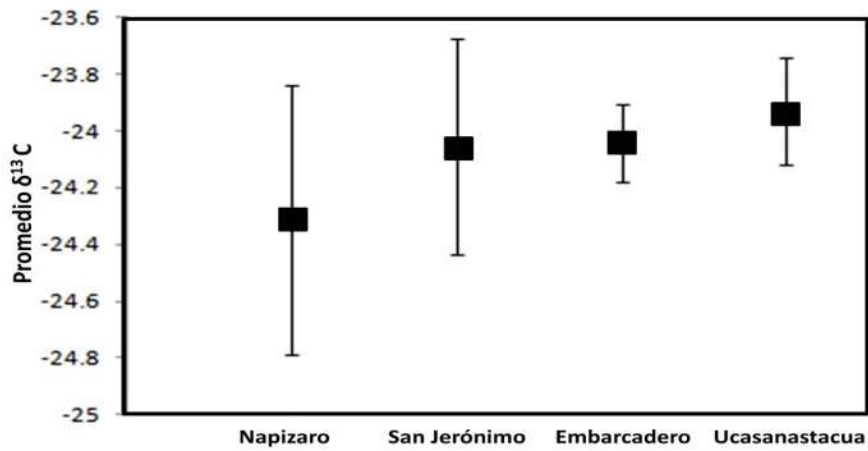


Figura 20. Promedio de las proporciones isotópicas $\delta^{13}C$ del género *Chirostoma* en los cuatro sitios de colecta durante el mes de septiembre.

Las firmas isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ de la talla V son mayores respecto de la talla II (Fig.21).

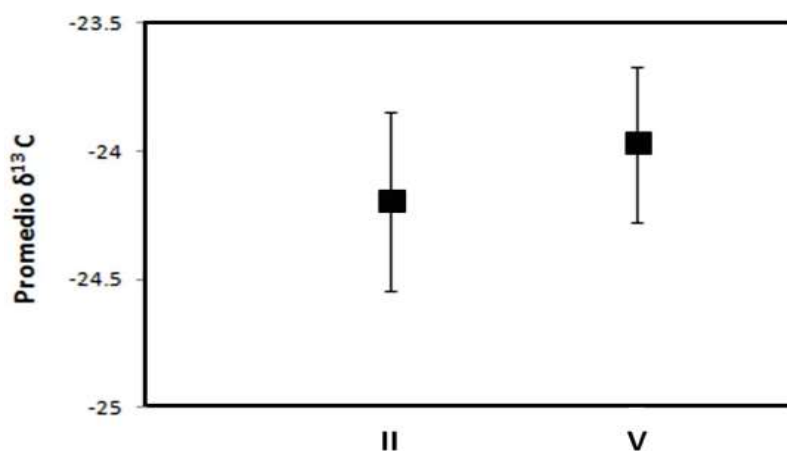


Figura 21. Promedio de las proporciones isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V durante el mes de septiembre.

VIII.9.5 Proporciones isotópicas de Nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$

Según los valores isotópicos $\delta^{15}\text{N}$ las plantas exhiben una variación mayor respecto de las demás presas, sin embargo, según la ubicación de las presas restantes, se observa que probablemente existe un enriquecimiento entre nivel trófico (Fig. 22).

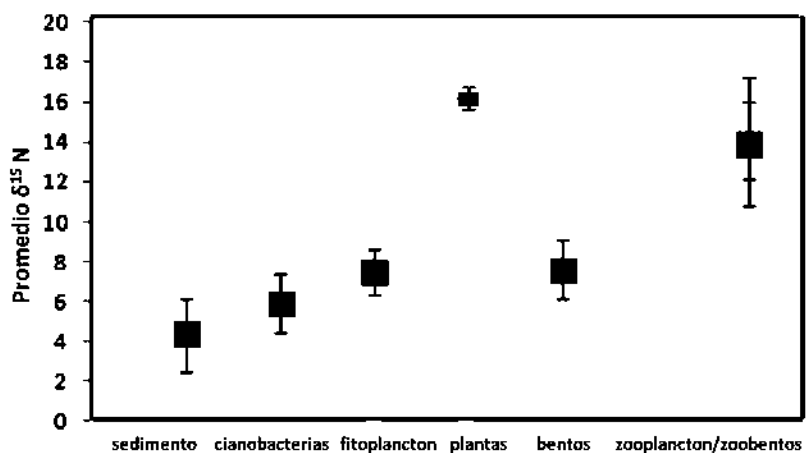


Figura 22. Proporciones isotópicas $\delta^{15}\text{N}$ de los organismos representativos de la cadena trófica, colectados en el lago de Pátzcuaro, Mich. Zooplancton y zoobentos caen en el mismo punto, razón por la cual aparecen dos barras de error.

VIII.10. Posición trófica dos regiones del lago

VIII.10.1. Posición trófica en las regiones norte-sur

El género *Chirostoma* talla II en la región norte del lago se ubica en la posición trófica 3.26, mientras que la talla V se ubica en 2.96. En la región sur se ubica la talla II en la posición trófica 3.08 y la talla V en la 3.17 (Fig.23). Se observa que existen diferencias (cuadro 17) únicamente entre Embarcadero y Napizaro que corresponden a la región sur del lago, sin embargo, las diferencias son mínimas ya que la posición trófica en las dos regiones corresponde a los consumidores secundarios.

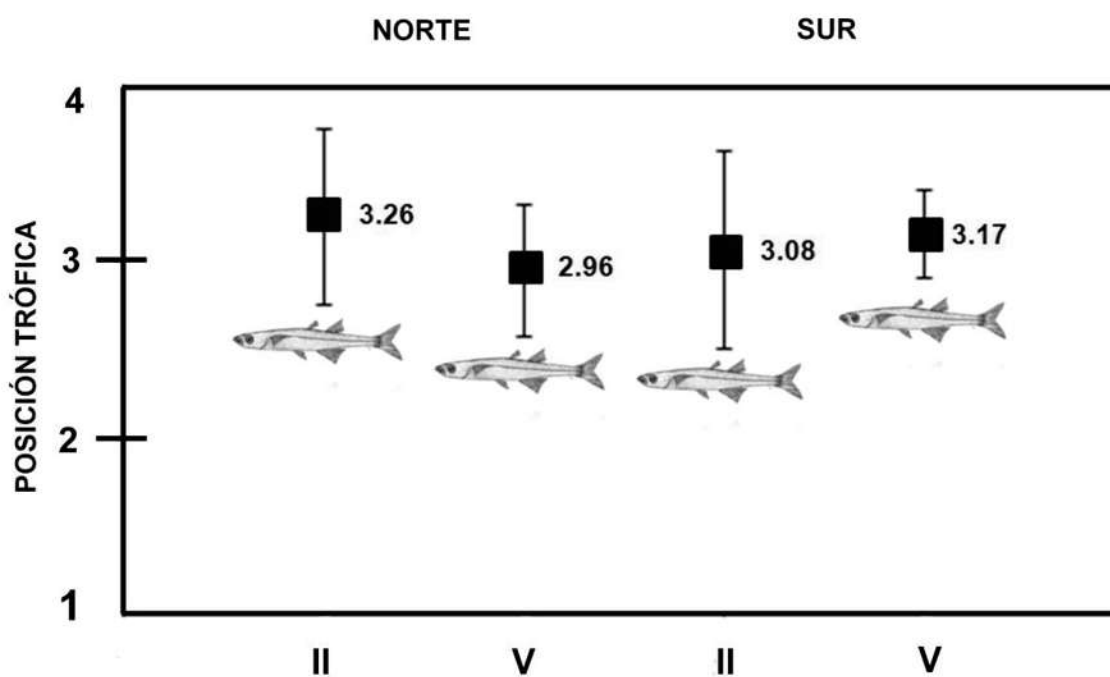


Figura 23. Representación gráfica de la estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de las tallas II y V usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ de los grupos 1 que considera los sitios de San Jerónimo y Ucasanastacua (Norte) y el grupo 2 constituido por Napizaro y Embarcadero (Sur).

VIII.10.2. Análisis de varianza

Con los valores de posición trófica de las proporciones de $\delta^{15}\text{N}$ se realizó un análisis de varianza (cuadro 17), el cuál reveló que existen diferencias significativas únicamente entre las clases de talla II y V de la región norte ($p>0.0449$).

Cuadro 17. Resultados del análisis de varianza de las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ para la región 1 (San Jerónimo- Ucasanastacua) y 2 (Napizaro-Embarcadero) de las clases de talla II y V de los peces del género *Chirostoma*. Los números en negritas muestran los datos que presentan diferencias significativas.

	g.l	F	p>0.05
TALLAS II,V	82	0.8245	0.3666
NORTE-SUR	82	0.0002	0.9879
SUR II, V	44	0.4113	0.5247
NORTE II,V	37	4.3179	0.0449

IX.DISCUSIÓN

IX.1 Parámetros fisicoquímicos

La alta turbidez en la región de Embarcadero probablemente se relacione con la acumulación de nitrógeno y fósforo proveniente de las descargas de aguas residuales que son vertidas en esta zona. La acumulación de estos nutrientes permiten la proliferación de malezas como el lirio (*Eichhornia crassipes*), y de vegetación de la zona de humedales naturales que se han expandido en esta zona del lago, estos humedales se encuentran cerca de las descargas de aguas residuales y han actuado como filtros de la contaminación, sin embargo, ya que no se extrae esta vegetación del lago, cuando las plantas mueren se quedan en el lago y liberan al agua los nutrientes que previamente fueron retenidos (Téllez y Motte, 1890; Moyle y Cech, 1988). Las otras tres zonas del lago presentan mayores profundidades, transparencia y oxígeno disuelto, debido a que no hay descarga de aguas residuales, acumulación excesiva de nitrógeno inorgánico y concentración de nutrientes (Alcocer y Bernal-Brooks, 2002).

IX.2 Gama trófica

La gama alimentaria más amplia se presentó en San Jerónimo seguido de Ucasanastacua, mientras que en Embarcadero y Napizaro se presentó el menor número de componentes alimentarios. Esta diferencia de los componentes alimentarios entre sitios, se explica por la diversidad de insectos presentes en uno de ellos, ya que San Jerónimo fue donde se contabilizaron más grupos de insectos, a diferencia de los otros tres en donde el único grupo de insectos importante fueron los dípteros (Chironómidos), los cuales están presentes en todos los sitios de colecta. En San Jerónimo se presenta vegetación abundante en las orillas (*Typha sp*), zonas de cultivo, de ganadería y una zona donde se cultiva carpa principalmente, estas actividades son lo que posiblemente favorezcan la presencia de varios grupos de insectos que desarrollan todo su ciclo de vida en esta zona, pudiendo caer de manera incidental al lago en sus fases adultas, proporcionando un alimento ocasional y complementario para el género *Chirostoma*. Ucasanastacua es un sitio donde la vegetación emergente es la que predomina en la ribera y una zona de cultivo aunque más alejada de la orilla del cuerpo de agua. En Embarcadero solo se contabilizó el grupo de los dípteros, lo que puede ser explicado por la

presencia importante de lirio acuático (*Eichornnia crassipes*), donde las larvas de este grupo encuentran refugio en las raíces de la planta para su desarrollo, lo que podría aumentar su abundancia y facilitar su captura por los peces que se refugian debajo de la vegetación, es importante señalar que en este sitio se encontraron principalmente peces de tallas pequeñas de varias especies, lo que coincide con lo señalado por Rojas (2006), quien señala a La Playa además de Urandén como sitios de crecimiento de *C. attenuatum*. Se sugiere que las zonas de reproducción se encuentran en la zona cercana a Embarcadero, Ucasanastacua y San Jerónimo. La colecta en la localidad de Napizaro se realizó en la zona pelágica, encontrando poca vegetación acuática flotante como el lirio (*E. crassipes*), probablemente por esta razón se encontraron pocos artículos alimentarios y entre ellos pocos insectos, sobresaliendo los dípteros.

Por su parte, los componentes alimentarios preferenciales en la dieta de los peces del género *Chirostoma* fue similar y sin diferencias estadísticas entre las temporadas del año y entre los cuatro sitios de estudio. Sin embargo, el análisis a distintas clases de talla mostro mayores diferencias, siendo algunas de ellas significativas. Se observa entonces, que la alimentación principal del género *Chirostoma* consiste en zooplancton (cladóceros, calanoideos, ciclopoideos), escamas e insectos, lo cual coincide con estudios previos realizados para los organismos de dicho género, en diferentes cuerpos de agua del centro de México (Martín del Campo, 1940; Rauda, 1987; Solórzano, 1961, 1963; Méndez, 1992, 2000; Moncayo y Escalera, 2002; Aguilar, 2004; Ross et al. 2005). Sin embargo, las diferencias encontradas en el presente trabajo, entre las clases de talla, tienen que ver con la mayor diversidad y proporciones de insectos consumidos por parte de los peces de la talla V; a diferencia de lo descrito en los trabajos anteriores, en los cuales se sugiere que el cambio de los hábitos alimentarios se presenta conforme se incrementa la talla de los organismos (Rauda, 1987; Solórzano, 1961; Rosas, 1970, 1976; Moreno, 1997; Moncayo y Escalera, 2002; Ross et al. 2005). La homogeneidad encontrada en la dieta probablemente tiene que ver con el análisis que se realizó a nivel de género, además, no se identificaron las presas a nivel de especie. Considerando que las especies del género *Chirostoma* se alimentan de los mismos recursos según trabajos previos, se sugiere que existe competencia entre las especies del género *Chirostoma* sin existir traslape de nicho, ya que el tamaño de la presa consumida está en

función del tamaño del depredador y no solo por la abertura de su boca (Moreno, 1997; Moncayo et al. 2010) sino que además depende de la temporada del año (Navarrete y Chazaro, 1993). Por lo tanto, se considera que la coexistencia de las especies del género *Chirostoma* tiene que ver con una segregación trófica que tiene que ver con las tallas, más que con las especies, por lo que, dependiendo de la distribución de los organismos en el lago y de su época de reproducción puede también existir una segregación espacial y temporal (Meyer, 1993, Robinson y Wilson, 1994).

Es de suponer que la frecuencia de ocurrencia de los artículos alimentarios en el tracto digestivo de los peces en las dos clases de talla en los cuatro sitios de colecta y en ciertas temporadas del año, podrían estar en función con la disponibilidad de presas en el ambiente, como sucede en otras especies de peces (Wooton, 1990), encontrando mayor preferencia por los copépodos. Esto se debe, quizás a que son una de las presas disponibles más abundantes. Sin embargo, no se encontró relación con los rotíferos, que a pesar de ser una de las presas más abundantes, los miembros del género *Chirostoma* los consumen únicamente de manera ocasional. Esto coincide con todos los trabajos previos de alimentación del género, en donde se menciona a los rotíferos dentro de la gama alimentaria sin ser un alimento preferencial en todas las etapas de vida de los peces (Rauda, 1987; Solórzano, 1961; Rosas, 1970, 1976; Moreno, 1997).

Ahora bien, los rotíferos se encuentran de manera importante únicamente en las etapas más tempranas (Méndez, 1992), esto puede deberse al sistema de filtración que presentan los peces de este género (branquiespinas), que funciona como una malla que detiene el alimento que será consumido de acuerdo con la distancia que existe entre estas branquiespinas, por lo que, organismos muy pequeños, como los rotíferos, simplemente no queden atrapados en la boca del depredador y salgan expulsados de la boca (Durbin y Durbin, 1975; Friedland, 1985; Gliwicz, 1994; Fernández et al. 2008; 2010; Ross et al. 2006; Moncayo et al. 2010).

Por otro lado, en algunas ocasiones, la dieta se basó en presas que no eran especialmente abundantes en el ambiente, pero que presentan características menos evasivas como los cladóceros, esta preferencia nos habla probablemente de que, además de seleccionar de

manera pasiva su alimento por medio de la criba que forma las branquiespinas, muy probablemente los peces del género *Chirostoma* tengan una selección activa de ciertas presas. Es difícil establecer la causa del porque puede existir una selección de la presa por el depredador, ya que se debe tomar en cuenta la actitud del depredador como un depredador activo, la habilidad que tienen los peces de relacionar las capacidades evasivas de las presas, porque consumiendo una presa menos evasiva, la ganancia energética para el depredador es mayor, que cuando trata de consumir una especie que escapa con facilidad (Vinyard, 1980).

Otro factor que puede influir es la transparencia del cuerpo de agua (que actúa de manera directa en la visibilidad de la presa por el depredador), en el caso del lago de Pátzcuaro, donde se encontraron diferentes valores de transparencia en el agua y la relación entre la proporción de presas en el ambiente y en el estómago no varía de acuerdo con el sitio, independientemente de la transparencia. Es posible que para los peces del género *Chirostoma* esta preferencia tenga que ver más con las características físicas de las presas que con la transparencia (Moore and Moore, 1976; Zaret, 1980; O'Brien, 1987).

Esto se debe a que los cladóceros presentan un ojo compuesto de color rojo intenso y relativamente grande en proporción a su cabeza, un intestino que contrasta con el resto del medio, además de un huevo de resistencia (efipio) grande y de color negro, lo que los vuelve más vulnerables ante la visión del depredador, lo cual es de suma importancia en aguas con baja transparencia (Zaret, 1972; Vinyard y O'Brien, 1975; Zaret y Kerfoot, 1975; Saegror et al. 1996). Además, el tamaño y los movimientos lentos regulares los hace más vulnerables y por consecuencia más fácilmente detectables y fáciles de capturar (O'Brien, 1979; Vinyard, 1980; Li et al. 1985; Brooks y Dodson, 1965; Galbraith, 1967; Werner y Hall, 1974; O'Brien, 1979; Clements y Livingston, 1984).

Los peces que normalmente filtran zooplancton, en ocasiones se alimentaran seleccionando al zooplancton más grande, incluyendo larvas de peces cuando filtrar les resulte mayor desgaste energético (Tippets y Moyle, 1978). Para poder tener una imagen más precisa de la presencia o no de selección o preferencia del género *Chirostoma* en relación a la abundancia de presas en el ambiente, realizamos una regresión lineal simple comparando las presas más comunes en

la dieta de los peces y en el ambiente (Cladóceros, copépodos y rotíferos) en relación a la proporción que guardan estos tres grupos tanto en el intestino como en el ambiente (anexo 35).

De forma general, la proporción relativa de copépodos en el ambiente guardo una relación con la proporción de estos organismos en el estómago (ver anexo 13, 16), para el caso de los cladóceros esta relación fue negativa (ver anexo 14, 17), lo que indica que la proporción de cladóceros en el ambiente es inversamente proporcional a la proporción de este grupo en el tracto digestivo. Los rotíferos tampoco tuvieron una relación positiva (ver anexo 15, 18), siendo el grupo más abundante en el ambiente, pero el menos consumido por los peces. Por su parte, los insectos fueron alimentos complementarios en la dieta en casi todos los sitios, donde los chironómidos fueron los más frecuentes durante todo el año. La presencia de escamas de manera importante en el tracto digestivo, se debe probablemente a la conducta de depredación de los peces del género *Chirostoma* o incluso de la búsqueda de otras presas en el fondo, comportándose como ramoneadores en alguna etapa de su vida (Rauda, 1987), cuando los recursos son limitados (Moreno, 1997). Sin embargo, no se cuenta con información suficiente para sustentar esta información, por lo que se recomienda hacer más análisis tendientes a resolver esta incógnita.

IX.3 Gremio trófico

El análisis de este estudio coincide con lo mencionado en la literatura sobre los hábitos alimentarios del género *Chirostoma*. Los recursos alimentarios son utilizados de la misma manera, basándose principalmente en cladóceros, copépodos, insectos y peces de manera ocasional, por lo que el género puede ser descrito como carnívoros depredadores, filtradores en todas las etapas de su vida, consumiendo insectos de forma fortuita (Solórzano, 1963; Rosas, 1970, 1976; Navarrete y Chazaro, 1993; Méndez, 2000; Moncayo y Escalera, 2002; Aguilar, 2004; Ross et al. 2005; Sánchez et al. 2009; Fernández et al. 2008; Moncayo et al. 2010), pero con una conducta de selectividad pasiva, la cual tiene efecto cuando las presas son introducidas a las estructuras bucales, pasando por un fino proceso de filtración que involucra a las cribas localizadas en las placas branquiales compuestas por dientes faríngeos, y espinas branquiales (Durbin y Durbin, 1975; Friedland, 1985; Gliwicz, 1994; Fernández et al.

2008; Moncayo et al. 2010). Este tipo de selección incluye cambios en el tamaño y tipo de presas consumidas, además del aumento en las cantidades de alimento ingerido (Sánchez et al. 2009).

La función de los peces del género *Chirostoma* como zooplanctófagos dentro del gremio de los carnívoros, probablemente no involucre competencia entre las especies con las que cohabita en el lago de Pátzcuaro como *Goodea atripinnis*, *Oreochromis* spp, *Poeciliopsis infans*, *Algansea lacustris*, *Allophorus robustus* y *Cyprinus carpio*, ya que dichas especies se alimentan principalmente de fitoplancton, materia orgánica, diatomeas, insectos, peces y de forma secundaria de zooplancton (Ramirez-Herrejon, com. pers.).

IX.4 Amplitud de dieta

De acuerdo a los valores obtenidos con el índice de amplitud de dieta, se reconoce que las especies del género *Chirostoma* a distintas clases de talla se comportan como organismos especialistas. Sin embargo, tienen la capacidad de alimentarse de organismos que se encuentran en la zona pelágica, (calanoideos, ciclopoideos y ocasionalmente de peces del género *Chirostoma*) y del neuston (insectos allóctonos que se encuentran en la superficie). Por consiguiente, aunque los recursos utilizados por los peces de este género son pocos y son los mismos, se observa que las proporciones utilizadas de cada artículo alimentario en las diferentes clases de talla son distintas (Wooton, 1990).

IX.5 Posición trófica

Cuando se quiere determinar la estructura trófica de alguna población en particular, se piensa en el número de niveles tróficos y la longitud de las cadenas tróficas de los cuerpos de agua (Lindeman, 1942; Hutchinson, 1959). La posición trófica es cuantificada como una variable continua, en donde la biomasa consumida por un organismo ha sido procesada metabólicamente entre la cadena trófica desde moléculas inorgánicas que han sido sintetizadas previamente dentro de los componentes orgánicos. La posición trófica de las muestras se calcularon por las dos formas propuestas: 1) mediante las aproximaciones de la dieta, para

estimar la posición trófica de las presas y el volumen o área del contenido estomacal de un gran número de peces, y 2) Cuando se utiliza el enriquecimiento de los isótopos estables de las proporciones de $\delta^{15}\text{N}$ ($3.4 \pm 0.3\%$) entre la presa y el depredador para conocer la posición trófica (Vander Zanden et al. 1997).

El gremio trófico de los carnívoros al que pertenecen los miembros del género *Chirostoma* actúa como un grupo funcional dentro del nivel trófico de los consumidores secundarios en la red trófica (Vander Zanden y Rasmussen, 1996), fenómeno que se ha observado en trabajos anteriores donde se menciona que el número de niveles tróficos en poblaciones de peces de agua dulce es de uno o más niveles tróficos (Cabana y Rasmussen, 1996; Vander Zanden et al. 1997), y aunque las cadenas tróficas sean cortas porque los peces del género *Chirostoma* se alimentan de niveles tróficos bajos, probablemente la productividad de estas cadenas tróficas sea mayor (Vander Zanden et al, 1999).

Las diferencias de la posición trófica con ambas metodologías sugieren que la posición trófica de los peces de la talla V es diferente significativamente (<0.05) de manera temporal entre los meses de mayo y septiembre, mayo y febrero, noviembre y septiembre y por último entre noviembre y febrero. Entre sitios las diferencias se dan entre San Jerónimo y Embarcadero, Ucasanastacua y Embarcadero y entre Ucasanastacua y Napizaro. Sin embargo, la posición trófica a distintas tallas es similar.

Con el análisis de contenido estomacal no se observan diferencias significativas espacio-temporales y entre clases de talla, pero si se observan diferencias temporales y espaciales con el análisis de isótopos estables separando el lago en cuatro partes, a diferencia de la regionalización en dos partes donde solo se observa variación entre clases de talla de la región sur del lago. Las proporciones de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ se consideraron en base al enriquecimiento de 3.4 ‰ (Minagawa y Wada, 1984) (se utilizó este enriquecimiento de acuerdo a la literatura, suponiendo que todas las varianzas son iguales, utilizando como línea base las firmas isotópicas de los consumidores primarios ya que el uso de estos organismos reduce error en la estimación de nivel trófico (Vander Zanden y Rasmussen, 2001)).

Estas variaciones pueden ser explicadas por la diferencia en los substratos inorgánicos de nitrógeno (NO_3^- y NH_4^+), los cuales difieren en las proporciones de $\delta^{15}\text{N}$. Diferencias que pueden ser pasadas a los consumidores (Vander Zanden y Rasmussen, 1999), lo cual se observa en las proporciones isotópicas de las presas colectadas, como el lirio (*Eichhornia crassipes*), lo que sugiere que el nitrógeno se obtiene de rutas tróficas distintas, lo que se reflejaría en los valores de posición trófica. Otra explicación a esto, es que los rangos de los valores en la posición trófica este dado por el oportunismo alimentario de los peces del género *Chirostoma* (Dill, 1983), o bien, por la variación de la posición trófica de las presas (Vander Zanden et al. 1997).

El Lago de Pátzcuaro recibe aportes de nutrientes tanto de manera natural como por actividades antropogénicas, como lo son las descargas de aguas residuales, factores que han sido identificados como una importante contribución de nitrógeno al lago, que se muestra en la alta variabilidad en las proporciones de $\delta^{15}\text{N}$ en los productores primarios (Cabana y Rasmussen, 1996) y que, por consecuencia, provoca un cambio en la red trófica. Sin embargo, se tendría que corroborar con las proporciones isotópicas de carbono $\delta^{13}\text{C}$ debido a que funcionan como una evidencia de la fuente del recurso de los consumidores tope, discriminando entre los recursos de producción bénticos y pelágicos (Hecky y Hesslein, 1995), ya que las proporciones de carbono $\delta^{13}\text{C}$ son conservadas en lo alto de la cadena trófica (Vander Zanden y Rasmussen, 1999).

El uso de la combinación de las metodologías de contenido estomacal e isótopos estables en trabajos de redes tróficas hacen que los resultados obtenidos sean más robustos, debido a que se ha demostrado que existe una fuerte correlación positiva, entre el promedio de la posición trófica de los peces de agua dulce usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ y la estimación mediante el análisis de contenido estomacal. Sin embargo, uno de los problemas principales en el cálculo de la posición trófica con isótopos estables es el error de muestreo, en este sentido, en el presente trabajo algunos de los artículos alimentarios que componen la dieta del género *Chirostoma* no fueron colectados y analizados, por lo que se pudiera estar incurriendo en un error de este tipo. Incluso, se deben realizar supuestos acerca de las interacciones de los

macroinvertebrados en la cadena trófica, cuando hace falta información sobre la posible posición trófica de las presas (Vander Zanden et al. 1997).

Los peces del género *Chirostoma* siguen una ruta trófica pelágica (datos no publicados del laboratorio de restauración ecológica, UNAM), forrajeando en niveles tróficos bajos (consumidores primarios) donde las presas son fáciles de capturar además de abundantes, incluso tienen la capacidad de colocarse en niveles tróficos de carnívoros secundarios y terciarios al consumir ocasionalmente peces del mismo género. Aunado a ello, las especies del género *Chirostoma* han desarrollado la capacidad de soportar presiones ambientales como variaciones en la profundidad, turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, transparencia, turbidez, pH y sólidos totales disueltos (ver resultados cuadro 2), lo que ha permitido su distribución y mayores abundancias sobre los demás peces dentro de todo el lago de Pátzcuaro (Ramírez-Herrejón com. pers.).

De manera general e integrando todos los componentes utilizados para conocer los hábitos alimentarios de las especies del género *Chirostoma*, se observa que los peces carnívoros como los del género *Chirostoma* presentan un tubo corto e ingieren presas de manera constante, pudiendo encontrar las presas en sus tubos digestivos de manera abundante (Bond, 1979). Sin embargo, aunque la morfología de los peces sugiere ideas sobre la dieta del depredador, se confirmó la composición de la dieta con la importancia relativa de cada artículo alimentario.

De acuerdo a la gama alimentaria el género *Chirostoma* pertenece al gremio de los carnívoros, especializados en zooplancton, pero actuando como oportunistas principalmente de insectos que ofrecen un alimento complementario y en ocasiones de peces del mismo género. Su forma de alimentación es por filtración, proceso que incluye la selección pasiva de presas por la morfología de su aparato bucal, composición de la dieta que refleja la restricción morfológica incluyendo el tamaño de la boca y el espacio entre las branquiespinas. Además, se observó que pueden seleccionar ciertas presas actuando como depredadores. Por lo tanto, debido a sus hábitos alimentarios, se considera que la ubicación en los flujos de energía de la cadena trófica del lago de Pátzcuaro se localizan en el nivel de los consumidores secundarios, pudiendo

colocarse como consumidores terciarios únicamente cuando consumen peces del mismo género aunque lo hacen de manera ocasional.

X. CONCLUSIONES

- La región de Embarcadero es la más turbia por la descarga de aguas residuales principalmente.
- La gama alimentaria del género *Chirostoma* de las clases de talla II y V se compone de zooplancton (copépodos, cladóceros y ciclopoideos) y complementan su dieta con insectos. Los rotíferos no forman parte de sus alimentos preferenciales, a pesar de ser el artículo más abundante en el ambiente.
- No se observan diferencias tróficas espacio-temporales, pero si entre las clases de talla.
- Los peces del género *Chirostoma* son especialistas en las dos clases de talla con diferencias dadas por las proporciones de las presas más que por la composición de estas, capaces de alimentarse de organismos que se encuentran en la zona pelágica y del neuston.
- El género *Chirostoma* funciona como el grupo zooplanctófago más importante de la cadena trófica en el Lago de Pátzcuaro.
- La posición trófica del género *Chirostoma* es similar en ambas clases de talla ubicándose como consumidores secundarios y terciarios dentro de la red trófica cuando se alimentan de peces.
- Los organismos del género *Chirostoma* funcionan como carnívoros depredadores, filtradores selectivos pasivos de zooplancton, además de selectivos principalmente de cladóceros, oportunistas de insectos.

XI. BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Valdez. M.D.C. 2004. **Características morfométricas y estructuras bucofaríngeas de larvas juveniles y adultos de pez blanco (*Chirostoma estor estor* Jordan 1879) y su relación con los mecanismos de alimentación.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. U.M.S.N.H. 63 pp.

Alcocer-Durand, J. y Bernal-Brooks, F.W. 2002. **Spatial and temporal heterogeneity of physical and chemical variables for an endorheic, shallow water body: Lake Pátzcuaro, México.** *Archiv für Hydrobiologie* 155 (2): 239-253. (ISSN/ISBN: 0003-9136).

Barriga-Sosa I. A. 2001. **Variabilidad Morfométrica, Merística y Molecular de Especies del Género *Chirostoma* (Pisces: Atherinopsidae).** Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 199 pp.

Berlanga, R. C.A., L.A. Ruíz, M.R. Nepita V. y J. Madrid V. 1997. **Estabilidad y diversidad de la composición de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.** *Revista Biología Tropical*, 45(4):1553-1558 pp.

Bernal-Brooks F., L. Dávalos-Lind y O. T. Lind. 2003. **Seasonal and spatial variation in algal growth potential and growth-limiting nutrients in a shallow endorheic lake: Lake Pátzcuaro (México).** *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 8: 83–93 pp.

Bloom, D. Devin, Kyle R. Piller, John Lyons, Norman Mercado-Silva y Martina Medina-Nava. 2009. **Systematics and Biogeography of the Silverside Tribe Menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) Based on the Mitochondrial ND2 Gene.** *Copeia* 2:408-417.

Bond, C.E. 1979. **Biology of fishes.** Saunders. Philadelphia.

Brooks, J.L., and Dodson, S. 1965. **Predation, body, size, and composition of plankton.** *Science* 150:28-35.

Cabana, G., and Rasmussen, J.B. 1996. **Comparing aquatic food chains using nitrogen isotopes**. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **93**: 10844 - 10847.

Canto-Maza Walter Gabriel y María Eugenia Vega-Cendejas. 2008. **Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México**. Rev. Biol. Trop. 56 (4): 1837-1846.

Chacón- Torres, A. Ross, L.G. and Beveridge, M.C.M. 1989. **Lake Pátzcuaro, México: results of a new morphometric study and its implications for productivity assessments**. Hidrobiología, 184: 125-132.

Chacón, A. Pérez, R. 1991. **Síntesis Limnológica del lago de Pátzcuaro, Mich. México. University of Michoacán**. 48 pp.

Chacón, T. A., Pérez, M. R. y Musquiz, I. E. 1991. **Biología Acuática 1. Síntesis Limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México**. UMSNH, 48 p.

Chacón-Torres, A. 1992. **El ecosistema lacustre (En: Plan Pátzcuaro 2000)**. Investigación multidisciplinaria para el desarrollo sostenido. Fundación Ebert Stiftung, México, 2000: 11-35.

Chacón, T. A. 1993. **Pátzcuaro un Lago amenazado, Bosquejo limnológico**. Univ. Mich. San Nicolás de Hidalgo. Ed. Universitaria.

Chacón-Torres, A. and C. Rosas-Monge. 1995. **A restoration plan for pez blanco in Lake Patzcuaro, México. 15. In: Symp. And Workshop on Uses and Effects of Cultured Fishes in Aquatic Ecosystems**. In: Schramm, H. L. Jr, and Piper, R. G. (Eds.)” Uses and effects of cultured fishes in aquatic ecosystems”. American Fisheries Society, Bethesda, Md (USA), vol. 15: 122-126.

Chacón, T. A. 2000. **Proyecto rescate y restauración del sur del Lago de Pátzcuaro: Calidad del agua e hidrodinámica en la zona sur del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.** Informe del Instituto de Ecología de la UNAM (Campus Morelia), 28 pp.

Clements, H.W. & R.J. Livingston. 1984. **Prey selectivity of the fringed filefish *Monacanthus ciliates* (Pisces:Monacanthidae): role of prey accessibility.** Mar. Ecol. Prog. Ser. 16:291-295.

Cohen, J.E., F. Briand, and C.M. Newman. 1990. **Community food webs: data and theory.** Springer-Verlag, New York, New York, USA.

Cortés, E. 1997. **A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54:726-738.

Cummins, K. W y M. B. Berg. 2008. **An Introduction to the aquatic insect of North America.** fourth edition. Kendall/Hunt publishing company. USA. 1158pp.

De Buen, F. 1944. **Limnobiología de Pátzcuaro.** An. del Inst. Biol. UNAM, Méx. XV (1):261-312.

DeNiro, M. J., and S. Epstein. 1981. **Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals.** Geochimica et Cosmochimica Acta 45:341–353.

Díaz-Barriga, H., y Bello-González, M.A. 1993. **Contribución al conocimiento de la flora de la cuenca del lago de Pátzcuaro.** SARH. Libro técnico no.1.

Dill, L.M. 1983. **Adaptive flexibility in the foraging behavior of fishes.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 398-408.

Durbin, A.G. and Durbin, E.G. 1975. **Grazing rates of the Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* as a function of particle size and concentration.** Mar. Biol. 33:265-277 pp.

Edmondson, W. T. 1959. **Fresh-Water Biology**. John Wiley & Sons, Inc, New York. 1248 pp.

Elias, G. M; E.Suárez, M; M. A. Gutiérrez; A.M. Silva, B; J.G. Granados, Ramírez, T; Garfias,E. 2008. **Cladóceras y Copépodos de las aguas continentales de México**. Guía ilustrada. UNAM. 322 pp.

Engel, S. 1976. **Food Habits and Prey Selection of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Cisco (*Coregonus artedii*) in Relation to Zooplankton Dynamics in Palmetto Lake, Wisconsin**. Trans. Am. Fish. Soc. 105 :607-608.

Estrada, Rodríguez. M.C. 1991. **Verificación a nivel experimental de la existencia de híbridos entre las especies *Chirostoma estor estor* y *Chirostoma grandocule* (Pisces:Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México**. Tesis de Licenciatura. U.M.S.N.H. Morelia, Mich. 113 pp.

Fernández, E. G.;Navarrete Salgado, N. A.;Rodríguez Robles, J. L. **Alimentación de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes); (Pisces: atherinopsidae) en el estanque JC en Soyaniquilpan, Estado de México** *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. Universidad Autónoma Chapingo, México. Vol. 14, Núm. 2, julio-diciembre, 2008, pp. 129-134 pp.

Friedland, K.D. 1985. **Functional morphology of the branchial basket structure associated with feeding in the Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Pisces:Clupeidae)**. Copeia. 1018-27.

Galbraith, M.G. 1967. **Size-selective predation on *Daphnia* by rainbow trout and yellow perch**. *Trans.Am. Fish.Soc.*96. 1-10 pp.

Gannes, L.Z., O'Brien, D.M., and Martinez Del Rio, C. 1997. **Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments**. *Ecology* 78: 1271-1276.

García, O. R. 1990. **Relaciones alimenticias entre cuatro especies simpátricas de peces de la familia Atherinidae en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. México.** Tesis profesional. Escuela de Biología. UMSNH. 82 pp.

Garduño, M. V.H. 2000. **Proyecto rescate y restauración del sur del lago de Pátzcuaro: Estudio de los manantiales del sector sur del Lago de Pátzcuaro.** Informe del Instituto de Ecología, UNAM (Campus Morelia), 32 pp.

Gliwicz, Z. M. y W. Lampert. 1994. **Clutch-size variability in Daphnia: Body-size related effects of egg predation by cyclopoid copepods.** *Limnol. Oceanogr.* 39(3): 479-485.

Gómez-Tagle, A. 1997. **Levantamiento Agrológico Forestal de la Cuenca de Pátzcuaro, Michoacán y Diagnóstico de Posibilidades de Recuperación y Desarrollo mediante Sistemas de Información Geográfica.** Tesis de Doctorado. UNAM.

Hecky, R.E., and Hesslein, R.H. 1995. **Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis.** *J. N. Am. Benthol. Soc.* 14: 631-653.

Hutchinson, G.E. 1959. **Homage to Santa Rosalie, or why are there so many kinds of animals?** *American Naturalist.* 93: 145-159 pp.

Huacuz, E., D. C. 2002. **El Achoque del Lago de Pátzcuaro.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Morelia, Michoacán. 138 pp.

Hulbert, S.H. 1978. **The measurement of niche overlap and some relatives.** *Ecology* 59:67-77.

Hyslop, E. J. 1980. **Gut contents analysis –a review of methods and their application.** *Journal of Fish Biology* 17, 411-429.

Jardine, T. D., S. A. McGeachy, C. M. Paton, M. Savoie y R. A. Cunjak. 2003. **Stable isotopes in aquatic systems: Sample preparation, analysis, and interpretation**. Can. Manuscr. Rep. Fish. *Aquat. Sci.* No. 2656.

Kling, G.W., Fry, B., and O'Brien, W.J. 1992. **Stable isotopes and planktonic trophic structure in arctic lakes**. *Ecology*, **73**: 561-566.

Krebs, C. J. 1989. **Ecological Methodology**. Harper and Row. New York, USA. 550 pp.

Lagler, K. F. 1956. **Freshwater Fishery Biology**. Second Edition. M. C. Brown Co. Publishers, Dubuque, U.S.A. 421 pp.

Levine, S. 1980. **Several measures of trophic structure applicable to complex food webs**. *J. Theor. Biol.* **83**: 195-207.

Li, K.T., Wetterer, J.K. and Hairston, N.G. jun. 1985. **Fish size, visual resolution, and prey selectivity**. *Ecology*: **66**. 1729-35 pp.

Lindeman, R.L. 1942. **The tropho-dynamic aspect of ecology**. *Ecology*, **23**: 399-418.

Martín del Campo, R. 1940. **Los vertebrados de Pátzcuaro**. *An. Inst. Biol.* **11** (2): 481-492.

Martínez, T. M. 1983. **Contribución al conocimiento de *Poecillia sphenops Valenciennes* (Pisces: Poecillidae), en la presa de Zicuirán, Mich.** Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Martínez, P. C. A.; Ma. G. Ríos Durán; A. Campos Mendoza; E. M. Toledo Cuevas; Ma. del C. Aguilar Valdéz; L. G. Ross. 2003. **En Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco. "Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro"** Instituto Nacional de la Pesca. Dir. Gen. de Investigación en Acuicultura. 191 pp.

Medina-Nava, M., A. Osorio D. y D. y O. Domínguez D., **"Peces", Catálogo de la biodiversidad en Michoacán**. UMSNH/SEDUE, Morelia, 2000. 247-249 pp.

Méndez, A. 2000. **Evaluación de los contenidos digestivos de la comunidad ictica del ecosistema lacustre del parque ecológico y recreativo Huyamilpas, Coyoacan, UAM Iztapalapa.** Departamento de Hidrobiología. 32 pp.

Meyer, A. 1993. Phylogenetic **relationships and evolutionary processes in East African cichlid fishes.** *Trends in Ecology and Evolution* 18 No. 8(86): 279-284 pp.

Merritt, R. W. and K. W. Cummins, editors. 1996. **An introduction to the aquatic insects of North America,** 3rd edition. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.

Minagawa, M., and Wada, E. 1984. **Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age.** *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 1135-1140.

Moncayo, E. R. y Escalera, G. C., 2002. **Hábitos alimenticios de *Chirostoma jordani* (Woodman. 1894) en el Lago de Chapala, México.** Trabajo presentado en el VIII Congreso Nacional de Ictiología, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel Oaxaca, México. 25 pp.

Moncayo-Estrada, R; O. T. Lind; C. Escalera G. 2010. **Trophic partitioning of sympatric zooplanktivorous silverside in a tropical shallow lake: Fish morphometry and diet composition.** *Copeia* No. (3): 431-436 pp.

Moore, J.W. and Moore, I.A.1976. **The basis of food selection in some estuarine fishes.** Eels, *Anguilla Anguilla* (L), whiting, *Merlangius merlangus* (L), sprat, *Sprattus sprattus* (L.), and stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L.J. *Fish Biol.* 9.375-90 pp.

Morelos, M. 1987. **Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto, *Chirostoma attenuatum*, Meek 1902 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich.** Tesis de Licenciatura. UMSNH. 110 pp.

Moreno, L. M. A. 1997. **Implicaciones ecológicas de las relaciones alimentarias de *Chirostoma humboldtianum* y *C. jordani*, (PISCES: ATHERINIDAE).** Tesis de maestría. IPN.México.134 pp.

Moyle, P. B. y Cech, J. J., Jr. 1988. **Fishes. An Introduction to Ichthyology.** 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. USA. 559 pp.

Navarrete, N.A y S. Cházaro. 1993. **Espectro trófico del charal *Chirostoma humboldtianum* del embalse San Felipe Tiacaque, Estado de México.** *Revista de zoología.* Vol. (3): 28-34 pp.

Nikolsky, G. V. 1963. **The Ecology o Fishes.** Academic Press.London and New York. 352pp.

O'Brien,W.J., Slade,N.A. and Vinyard,G.L. 1976. **Apparent size as the determinant of prey selection by bluegill sunfish(*Lepomis macrochirus*).** *Ecology.*57.1304-10.

O'Brien,W.J. 1987. **Planktivory by freshwaters fish: thrust and parry in predation.** Direct and Indirect Effects on Aquatic Communities (eds. W.C.Kerfoot and A.Sih), University Press of New England,Hanover, New Hampshire. 3-16 pp.

Paine, R.T. 1988. **Food webs: road maps of interaction or grist for theoretical development?** *Ecology,* **69:** 1648.1654.

Pauly, D.R. Froese, P. Sala, ML Palomares, V. Christensen y J Rius. 2000a. **Trophlab Manual.** ICLARM, Manila.

Pauly, Daniel, Christensen Villy, Froese and Maria Lourdes de Palorames. 2000b. **Fishing down aquatic food webs.** *American Scientist* 88.(Jan-Feb):46-51.

Pedraza- Barrera, A. y Saavedra, P. J. 1998. **Invertebrados no insecta del bentos en el Lago de Pátzcuaro, Mich. México.** *Revista biológicas* 4, Facultad de Biología, UMSNH. 4: 35-43.

Pennak, W. 1978. **Fresh Water Invertebrates of the United States**. John Willey and Sons, USA. 803 pp.

Peterson, B.J., and Fry, B. 1987. **Stable isotopes in ecosystem studies**. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.

Pielou, E. C. 1975. **Ecological diversity**. Wiley Interscience. New York. 627 pp.

Pinkas, L., M. S. Olipant y Z. L. Iverson. 1971. **Food habits of albacore bluefin, tuna and bonito in California Waters. California Department Fish. Game, Fish Bulletin** 152:1-1105.

Polis, G. A., and D. R. Strong. 1996. **Food web complexity and community dynamics**. *American Naturalist* 147: 813-846.

Rauda, O.J. 1987. **Contribución al conocimiento de la Biología Pesquera del charal pinto *Chirostoma patzcuaro* Meek 1902, (Pisces:Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich.Méx.** Tesis profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 77 pp.

Robinson, B.W and D.S Wilson. 1994. **Character release and displacement in fishes: a neglected literature**. *American Naturalist* 144(4):596-627 pp.

Rodríguez-Cázares Dan Gerson. 2008. **Hábitos alimentarios de *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1948) en la porción oaxaqueña de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán**. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

Rojas-Carrillo P. M. 2006. **Aspectos reproductivos del charal prieto *Chirostoma attenuatum* (Meek, 1902) del lago de Pátzcuaro, Michoacán**. Nuevas líneas de investigación en atherinópsidos de México. *Hidrobiológica* 16 (1): 1-9.

Rosas M.M. 1970. **Pescado blanco (*Ch. estor*)**. Inst. Nac. de Investigación Biológico-Pesquero. Dir. Gral. De Pesca e Industrias conexas.

Rosas, M. 1976. **Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo.** Sría de Ind. y Com. México. 135 pp.

Ross, L. G, C. A. Martínez-Palacios, Ma. Del C. Aguilar V, M. C. M. Beveridges y Ma. C. Chávez S. 2005. **Determiration of feeding mode in fishes: the importance of using structural and functional feeding studies in conjunction with gut analysis in a selective zooplanktivore *Chirostoma estor estor* Jordan 1880.** *Journal of Fish Biology.* 68, 1728-1794 pp.

Saegror, H., A. Hobaek & J.H. L’Abee-Lund. 1996. **Vulnerability of melanic *Daphnia* to brown trout predation.** *J. Plankton* 18: 2113-2118.

Sall, John (Fall 1996). **"Deep Interactivity".** SAS Institute, Inc. http://www.jmp.com/about/newsletters/jmpercable/pdf/03_fall_1996.pdf. Retrieved 2011-05-08

Sánchez, P. S. M.O. 1992. **Biología reproductiva del charal blanco *Chirostoma grandocule* (Steidachnerm 1894, Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich., México.** Tesis de Licenciatura. UMSNH. Michoacán, México, 62 pp.

Sánchez, R. M. P. y M. E. Ponce. 1996. **Métodos hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunar y de agua dulce.** Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 208 pp.

Sánchez, M. R; M. Y. Fermín B; A. Mendoza. E. 2009. **Selectividad del zooplancton y solapamiento trófico entre tallas del pez *Menidia humboldtiana* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en el embalse Danxhó, México.** *Rev. Trop.* Vol. 57 (1-2): 187-194 pp.

Schoener, T. W. 1971. **Annual review of ecology and systematic.** Vol. 2 (1971): 369-404 pp.

Smith, R. 1980. **Ecology and Fiel Byology.** Third Edition. Harper and Row Publiserhers. Nueva York. 835pp.

Solórzano, P.A. 1961. **Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del Lago de Pátzcuaro, Mich. (*Chirostoma bartoni* Jordan y Evermann, 1896).** Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. 70 pp.

Solórzano, P. A. 1963. **Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. (*Chirostoma estor* Jordan, 1879).** Secretaria de Industria y Comercio Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. 15 pp.

Stark, W. y R. Schroeder, 1970. **Investigation on the grey Snapper *Lutianus griseus* studies in Tropical Oceanography.** 101: 210-224.

Téllez, R. C. y O. Motte-García. 1976. **Estudio planctonológico preliminar del lago de Pátzcuaro, Mich., México.** Dirección General de Acuicultura. Depto. de Pesca. 1799-1836 pp.

Thorp, H. J. y Covich P. A. **Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates.** Ed. Academic Press. 1056pp.

Tippets, W., and Moyle, P. 1978. **Epibenthic feeding by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the McCloud River, California.** *J. Anim. Ecol.* 47:549-559 pp.

Toledo, V. M. y Barrera- Bassols, N. 1984. **Ecología y desarrollo rural en Pátzcuaro. Un modelo para el análisis multidisciplinario para el desarrollo sostenido.** Friedrich Ebert Stiftung, 297 pp.

Trujillo-Jiménez, P. y E. Díaz-Pardo. 1996. **Espectro trófico de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el río del muerto, Morelos, México.** *Rev. Biol. Trop.* 44: 755-761.

Vander Zanden, M.J., and Rasmussen, J.B. 1996. **A trophic position model of pelagic food webs: impact on contaminant bioaccumulation in lake trout.** *Ecol. Monogr.* 66: 451-477.

Vander Zanden, M. J., G. Cabana, and J. B. Rasmussen. 1997. **Comparing the trophic position of littoral fish estimated using stable nitrogen isotopes ($\delta^{15}\text{N}$) and dietary data.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54:1142–1158.

Vander Zanden, M.J. y J.B. Rasmussen. 1999. **Primary consumer $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ and the trophic position of aquatic consumers.** *Ecology* 80: 1395-1404.

Vander Zanden, B. J. Shuter, N. P. Lester, AND J. B. Rasmussen. 1999. **Patterns of food chain length in lakes: A stable isotope study.** Am. Nat. **154**: 406–416 pp.

Vander Zanden y J.B.Rasmussen. 2000. **Within and among population variation in the trophic position of the aquatic top predator, lake trout.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 725–731 pp.

Vander Zanden, M.J y Rasmussen,J.B. 2001. **Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionations: implications for aquatic food web studies.** Limnology and Oceanography. 46. 2061-2066.

Vinyard, G.L. & W.J. O'Brien. 1975. **Dorsal light response as an index of prey preference in bluegill (*Lepomis macrochirus*).** J. Fish. Res. 32: 1860-1863.

Vinyard, G.L. 1980. **Differential prey vulnerability and predator selectivity: effects of evasive prey on bluegill (*Lepomis macrochirus*) and pumpkinseed (*L. gibbosus*) predation.** J. Fish. Aquat. Sci. 37: 2294-2299.

Werner, E. E. and Hall.D.J. 1974. **Optimal foraging and the size selection of prey by the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*).** *Ecology*. 55. 1042-52.

Wotton, R.J. 1990. **Ecology of Teleost Fishes.** Chapman and Hall. Primera edición. Londres. 404 pp.

Yáñez-Arancibia A., J. Curriel-Gómez y V. L. de Yáñez. 1976. **Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther), en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pises: Arridae).** *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*.UNAM. México. 3 (1): 125-180 pp.

Zaret, T.M. 1972. **Predator-prey interactions in a tropical lacustrine ecosystem.** *Ecology*. 53. 248-57.

Zaret, T.M. & W.C. Kerfoot. 1975. **Fish predation on *Bosmina longirostris*, body size selection versus visibility selection planktivores.** *Ecology*. 56: 232-237.

Zaret, T.M. 1980. **Predation and freshwater communities.** Yale University Press, New Haven.Conn.

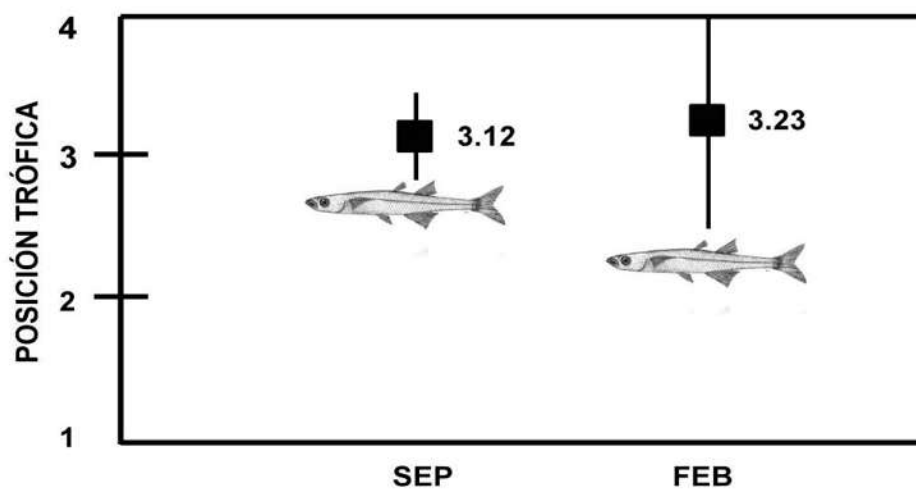
XII. ANEXOS

Anexo 1. Firmas isotópicas de las proporciones de nitrógeno $\delta^{15}\text{N}$ del género *Chirostoma* de las tallas II y V correspondientes a los meses de septiembre, noviembre 2009 y febrero, mayo 2010.

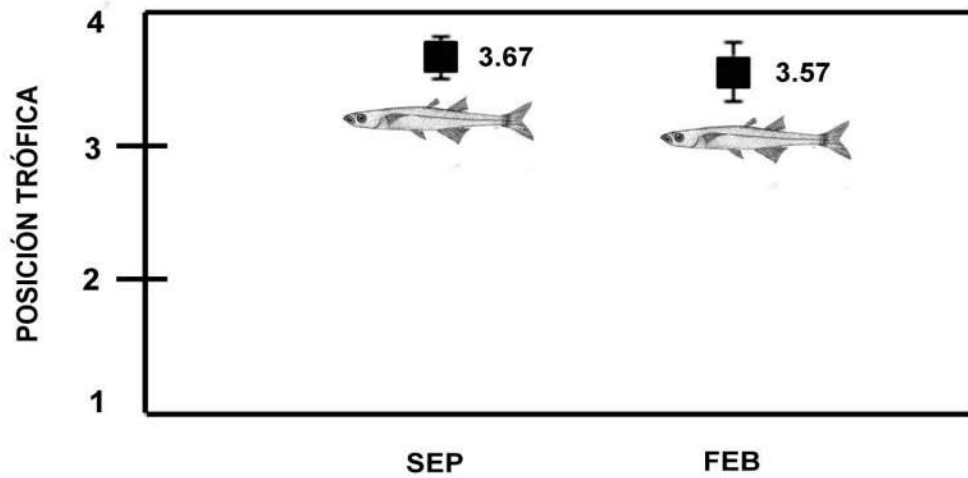
MES	AÑO	SITIO	TALLA	LP	PESO	d15N	N Amount (ug)
SEP	2009	Embarcadero	II	41.25	0.8	17.05	149.10
SEP	2009	Embarcadero	II	45.97	0.9	16.75	83.34
SEP	2009	Embarcadero	II	47.1	1	15.87	88.09
FEB	2010	Embarcadero	II	48.57	1.1	13.03	28.03
FEB	2010	Embarcadero	II	45.3	1	17.63	51.27
FEB	2010	Embarcadero	II	46.67	1	17.65	43.70
SEP	2010	Embarcadero	II	45.95	4.77	14.80	17.37
SEP	2010	Embarcadero	II	45.74	4.59	14.29	10.61
SEP	2010	Embarcadero	II	46.43	4.8	15.53	18.12
SEP	2009	Embarcadero	V	66.7	2.49	17.17	130.80
SEP	2009	Embarcadero	V	66.9	2.54	17.57	105.04
SEP	2009	Embarcadero	V	67.1	2.59	18.55	113.85
FEB	2010	Embarcadero	V	67.34	2.8	17.79	39.53
FEB	2010	Embarcadero	V	70.97	3.6	16.29	18.73
FEB	2010	Embarcadero	V	68.02	2.1	17.02	35.95
FEB	2010	Embarcadero	V	68.1	3.2	17.95	34.76
SEP	2010	Embarcadero	V	68.7	3.5	17.64	83.04
SEP	2010	Embarcadero	V	69.65	6.1	16.92	17.37
SEP	2010	Embarcadero	V	69.7	6.75	17.76	44.44
SEP	2009	Napizaro	<i>Ch. estor</i>	113.5	14.43	16.84	111.14
SEP	2009	Napizaro	II	50.1	1.35	16.72	129.78
SEP	2009	Napizaro	II	47.1	1.12	16.29	105.71
SEP	2009	Napizaro	II	45.5	1	16.19	93.51
NOV	2009	Napizaro	II	48.08	1	16.00	86.39
NOV	2009	Napizaro	II	48.81	1.1	16.18	91.34
NOV	2009	Napizaro	II	48.08	1	15.87	45.48
FEB	2010	Napizaro	II	44	1	18.48	49.94
FEB	2010	Napizaro	II	46.13	1	18.10	34.16
FEB	2010	Napizaro	II	46.9	1	18.71	66.48

FEB	2010	Napizaro	II	46.2	1.1	18.12	62.94
SEP	2010	Napizaro	II	48	1.3	16.80	41.32
SEP	2010	Napizaro	II	47	1.2	18.93	69.27
SEP	2010	Napizaro	II	48	1.4	18.97	109.30
SEP	2010	Napizaro	II	41	0.9	17.05	178.86
SEP	2010	Napizaro	II	38.69	0.56	18.14	113.04
SEP	2010	Napizaro	II	39.56	0.58	19.46	97.44
SEP	2009	Napizaro	V	69.9	3.37	16.48	112.83
SEP	2009	Napizaro	V	67	2.63	17.99	138.60
SEP	2009	Napizaro	V	67.1	2.52	17.00	131.48
FEB	2010	Napizaro	V	70.13	3.2	18.05	67.95
FEB	2010	Napizaro	V	70.05	3.6	17.57	83.77
FEB	2010	Napizaro	V	69.14	3.6	15.42	28.63
FEB	2010	Napizaro	V	69	2.6	17.85	35.21
SEP	2010	Napizaro	V	69.65	4.6	17.49	102.22
SEP	2010	Napizaro	V	69	3.7	17.05	92.94
SEP	2010	Napizaro	V	70.7	4.2	17.71	90.91
SEP	2009	San Jeronimo	II	45.96	1	14.81	114.53
SEP	2009	San Jeronimo	II	49.88	1.5	15.27	103.00
SEP	2009	San Jeronimo	II	49.88	1.5	17.12	131.82
MAY	2010	San Jerónimo	II	43.5	0.9	19.77	34.61
MAY	2010	San Jerónimo	II	42	1	19.28	48.30
MAY	2010	San Jerónimo	II	45	1.1	20.74	28.33
MAY	2010	San Jerónimo	II	46	1.5	19.10	19.63
SEP	2010	San Jerónimo	II	50.6	1.6	19.08	66.80
SEP	2010	San Jerónimo	II	49.37	1.5	19.31	111.60
SEP	2010	San Jerónimo	II	50.1	1.8	18.62	85.80
SEP	2010	San Jerónimo	II	50.7	1.7	18.38	170.70
SEP	2010	San Jerónimo	II	49.92	1.4	18.68	135.79
MAY	2010	San Jerónimo	V	72.46	3.9	15.92	48.16
MAY	2010	San Jerónimo	V	70.86	4	16.75	57.34
MAY	2010	San Jerónimo	V	71.1	4.2	16.78	36.85
SEP	2010	San Jerónimo	V	70.52	3.9	18.62	129.66
SEP	2010	San Jerónimo	V	69.3	3.1	19.20	130.08
SEP	2010	San Jerónimo	V	70.01	3.2	17.59	105.42
SEP	2009	San Jeronimo	V	66.33	1.5	15.89	157.24
SEP	2009	San Jeronimo	V	68.8	2.82	16.42	119.61

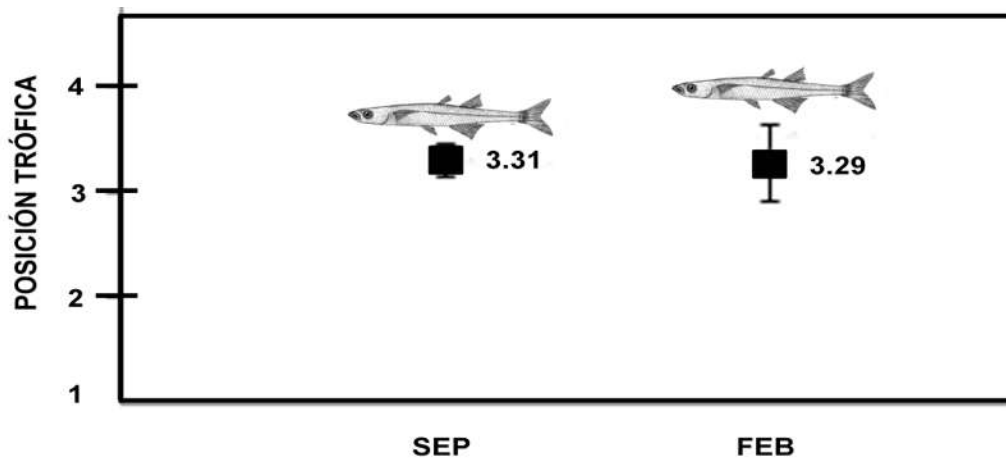
SEP	2010	Ucasanastacua	<i>Ch. estor</i>	99.03	9.7	20.05	125.81
SEP	2009	Ucasanastacua	II	51	1.2	16.44	122.66
SEP	2009	Ucasanastacua	II	50.48	1.15	16.28	116.90
SEP	2009	Ucasanastacua	II	43.56	0.78	15.99	102.33
SEP	2010	Ucasanastacua	II	48.97	1.2	19.94	191.81
SEP	2010	Ucasanastacua	II	50.32	1.5	18.46	99.66
SEP	2010	Ucasanastacua	II	50.28	1.6	20.10	131.66
SEP	2010	Ucasanastacua	II	49.76	1.2	18.31	125.80
SEP	2010	Ucasanastacua	II	50.07	1.4	19.65	138.08
NOV	2009	Ucasanastacua	V	67.96	3.1	15.55	39.08
NOV	2009	Ucasanastacua	V	67.79	2.9	16.13	33.56
MAY	2010	Ucasanastacua	V	69.8	3.6	17.07	72.80
MAY	2010	Ucasanastacua	V	69.88	3.2	15.92	54.23
MAY	2010	Ucasanastacua	V	69.35	4.2	17.12	102.51
MAY	2010	Ucasanastacua	V	70.38	3.7	17.26	56.01
SEP	2010	Ucasanastacua	V	67.27	3.7	20.04	149.46
SEP	2010	Ucasanastacua	V	69.18	3.8	19.00	141.92
SEP	2010	Ucasanastacua	V	68.89	3	17.49	114.91
SEP	2009	Ucasanastacua	V	66.66	2.4	17.66	116.22



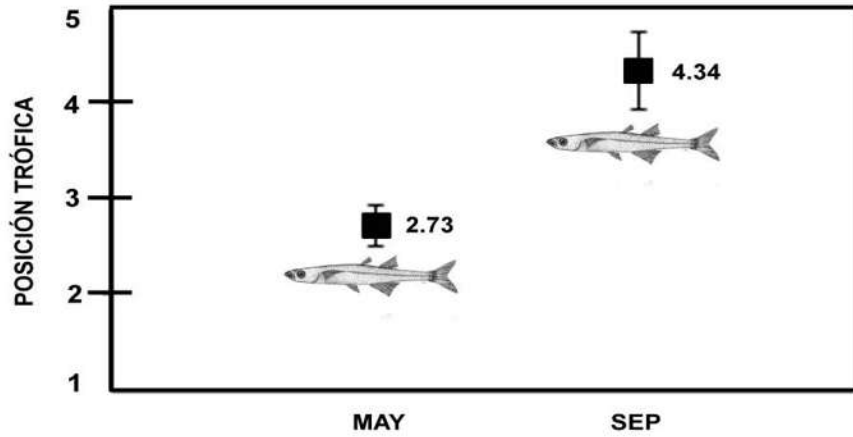
Anexo 2. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla II en Embarcadero usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.



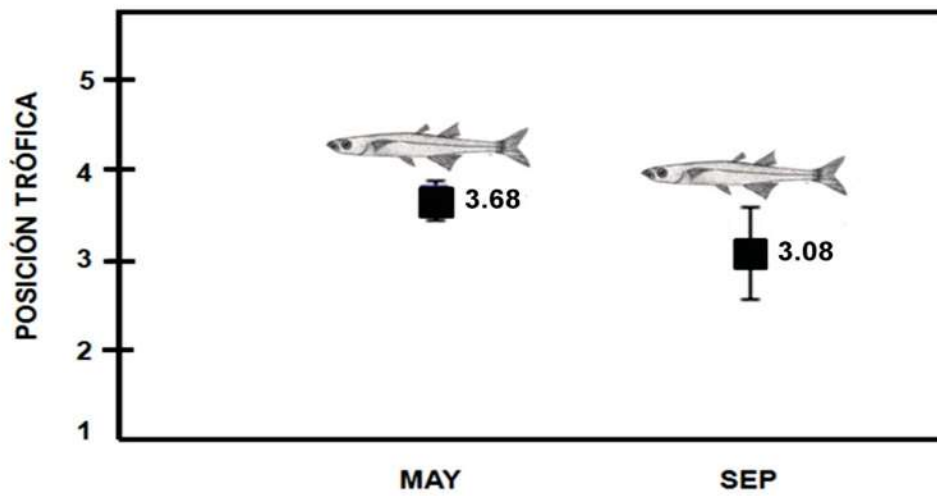
Anexo 3. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla V en Embarcadero usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.



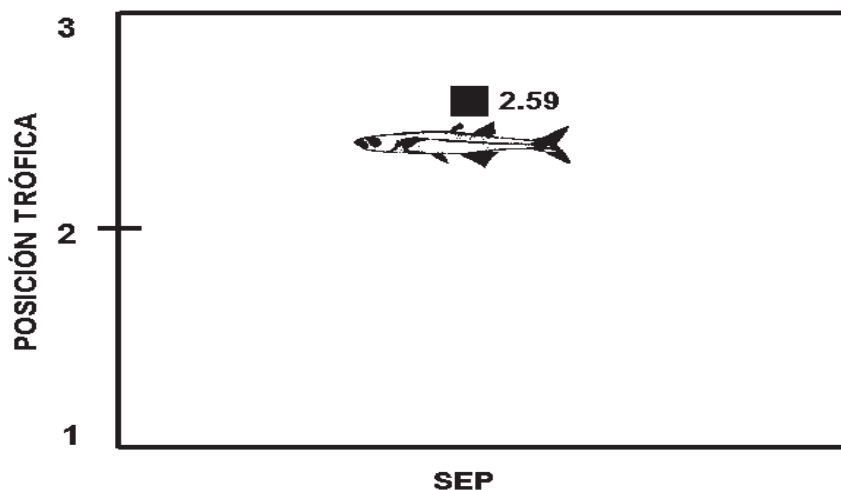
Anexo 4. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla V en Napizaro usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre y febrero.



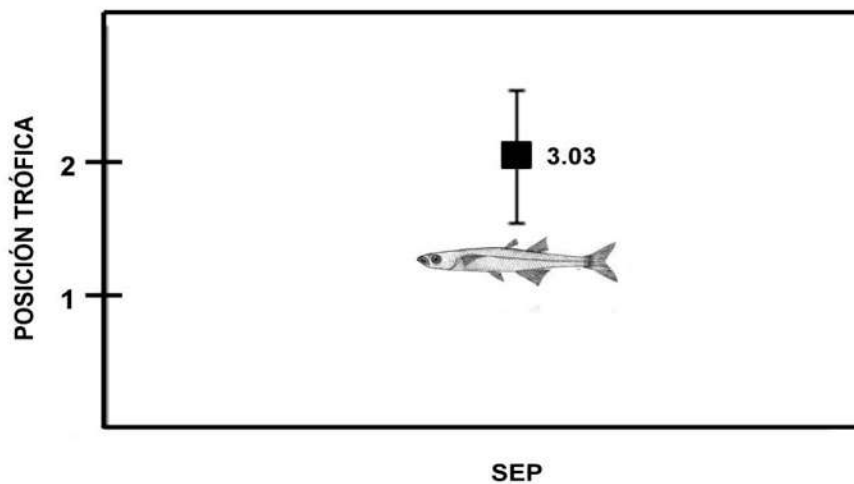
Anexo 5. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla II en San Jerónimo usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo y septiembre



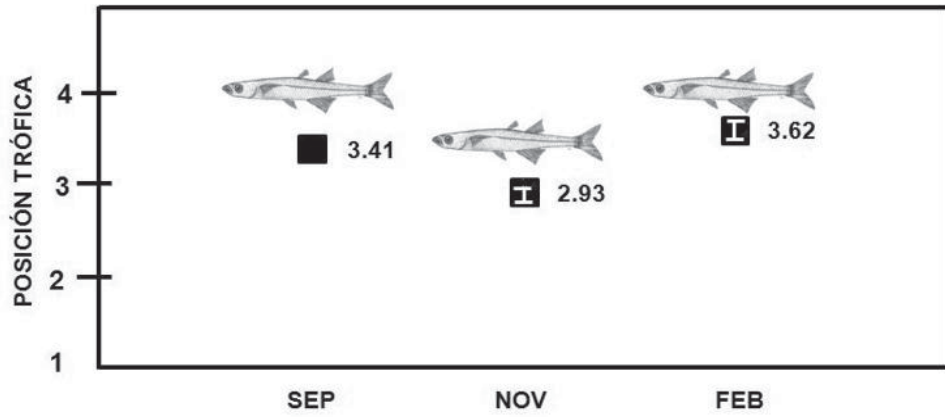
Anexo 6. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla V en San Jerónimo usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de mayo y septiembre.



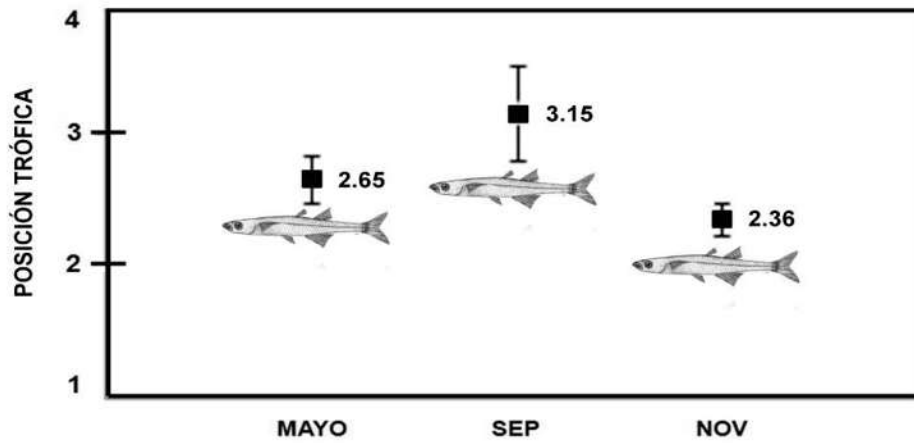
Anexo 7. Representación gráfica de la estimación de la posición trófica de *Chirostoma estor* en Ucasanastacua durante el mes de septiembre usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$.



Anexo 8. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla II en Ucasanastacua durante el mes de septiembre usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$.



Anexo 9. Valores promedio de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla II en Napizaro usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ durante los meses de septiembre, noviembre y febrero.



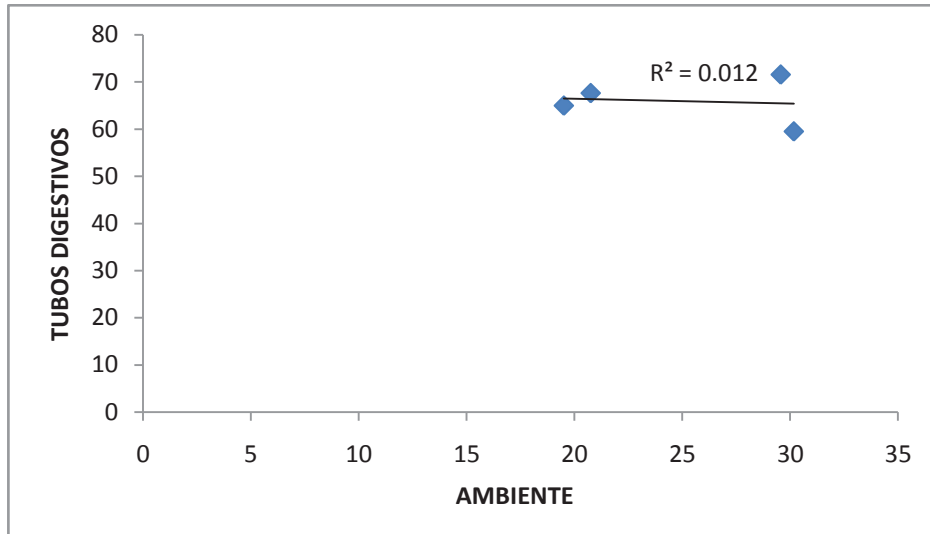
Anexo 10. Estimación de la posición trófica del género *Chirostoma* de la clase de talla V en Ucasanastagua durante el mes de mayo, septiembre y noviembre usando las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$.

Anexo 11. Resultados de correlación entre las proporciones de presas disponibles en el ambiente y las presas contenidas en los tubos digestivos durante los cuatro meses de colecta (Mayo, Septiembre, Noviembre y Febrero) de los peces del género *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro. **COP**-Copépodos, **CLA**-Cladóceros, **ROT**-Rotíferos.

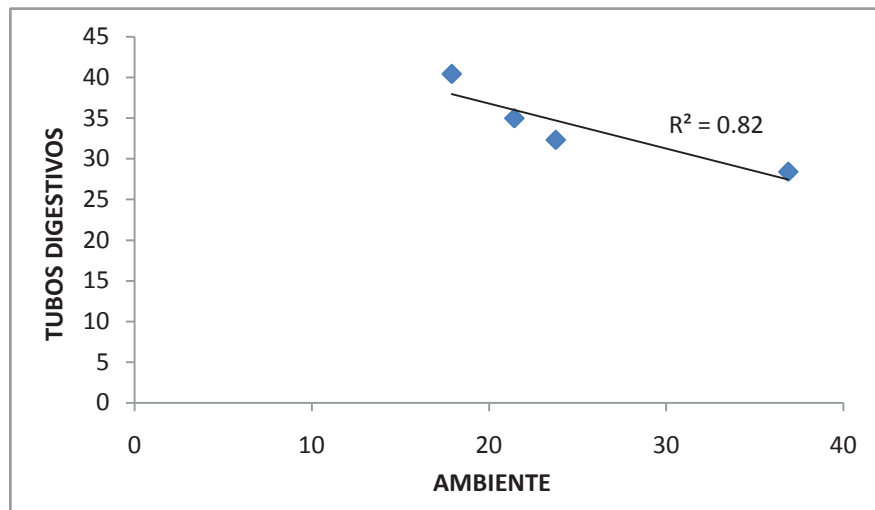
	COP	COP	CLA	CLA	ROT	ROT
	AMBIENTE	TUBOS	AMBIENTE	TUBOS	AMBIENTE	TUBOS
MAYO	30.16	59.56	17.90	40.43	19.75	0.0045
SEPTIEMBRE	29.56	71.60	36.88	28.38	15.02	0.0010
NOVIEMBRE	20.75	67.68	23.77	32.31	31.34	0.0019
FEBRERO	19.51	65.02	21.43	34.97	33.88	0

Anexo 12. Resultados de correlación entre las proporciones de presas disponibles en el ambiente y las presas contenidas en los tubos digestivos en los cuatro sitios de colecta de los peces del género *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro. **COP**-Copépodos, **CLA**-Cladóceros, **ROT**-Rotíferos. **SJ**-San Jerónimo, **NAP**-Napizaro, **EMB**-Embarcadero, **UCA**-Ucasanastacua.

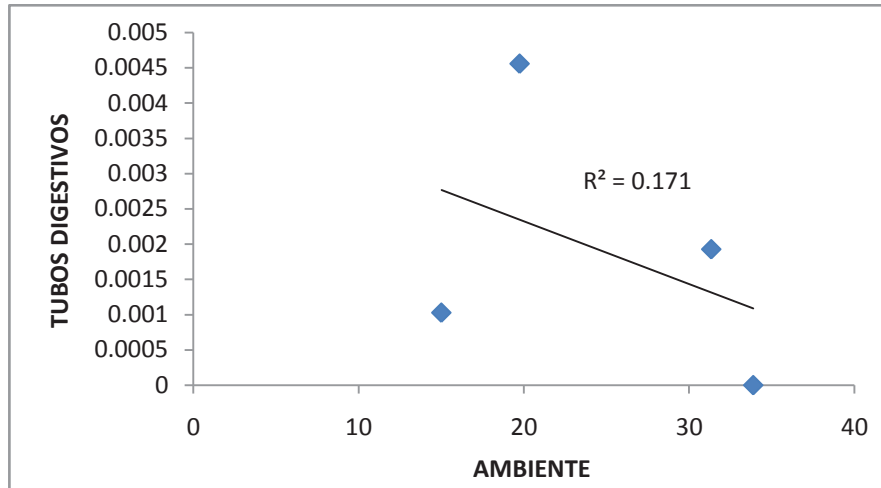
	COP	COP	CLA	CLA	ROT	ROT
	AMBIENTE	TUBOS	AMBIENTE	TUBOS	AMBIENTE	TUBOS
SJ	22.04	74.95	38.61	25.04	21.79	0.0014
NAP	30.31	88.01	16.71	11.98	23.04	0
EMB	22.26	48.60	20.04	51.39	31.40	0.0008
UCA	25.37	68.83	24.62	31.159	23.74	0.0019



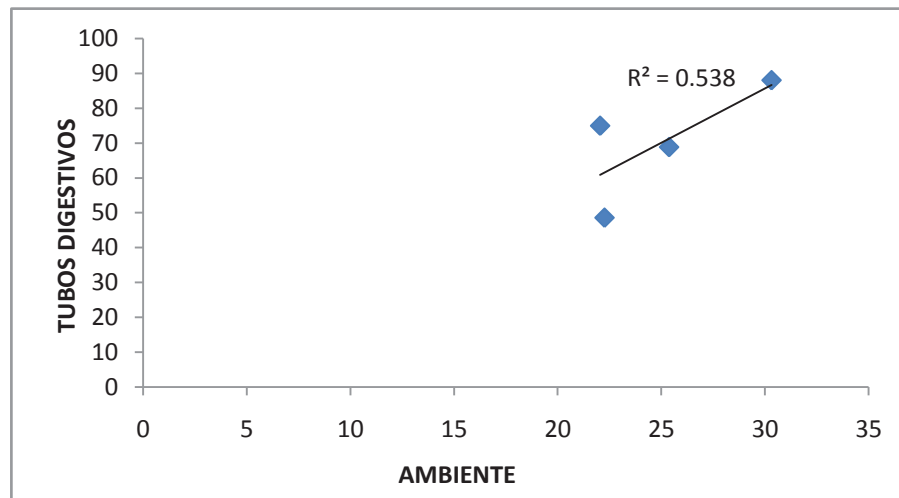
Anexo 13. Gráfica de correlación entre los copépodos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* durante los cuatro meses de colecta (mayo, septiembre, noviembre y febrero) en el lago de Pátzcuaro.



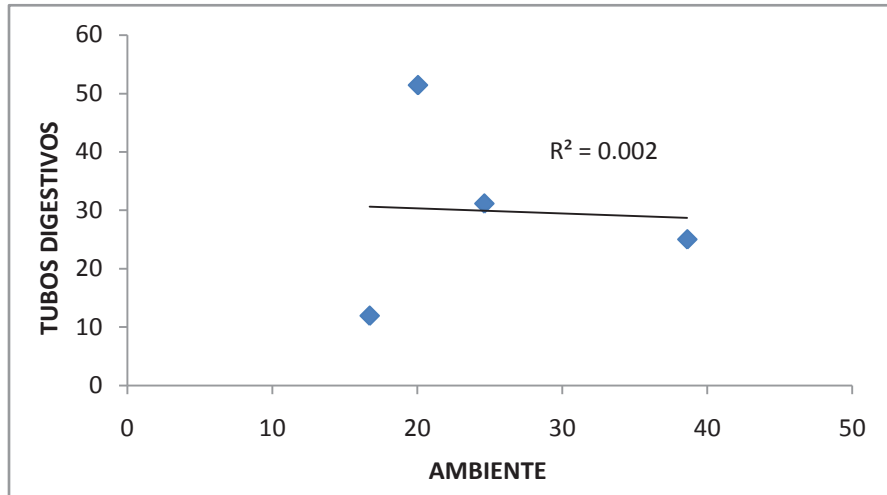
Anexo 14. Gráfica de correlación entre los cladóceros disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* en los cuatro meses de colecta (mayo, septiembre, noviembre y febrero) en el lago de Pátzcuaro.



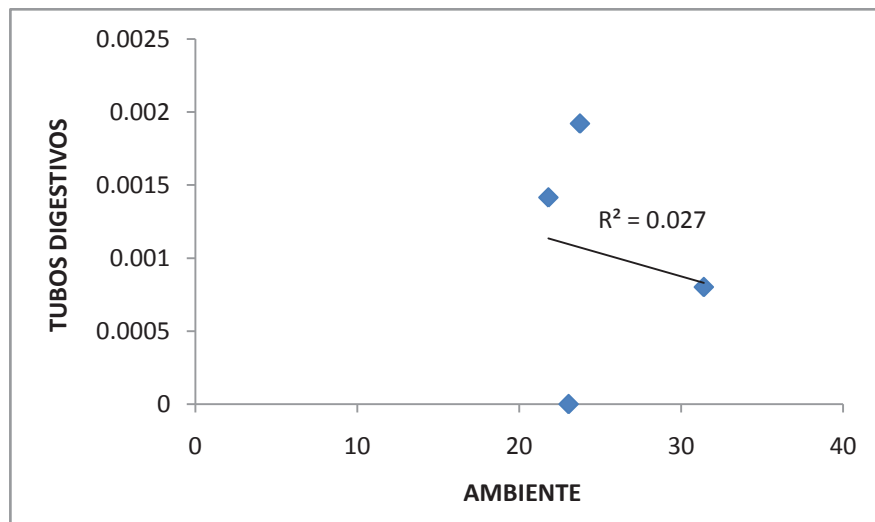
Anexo 15. Gráfica de correlación entre los rotíferos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* durante los cuatro meses de colecta (mayo, septiembre, noviembre y febrero) en el lago de Pátzcuaro.



Anexo 16. Gráfica de correlación entre los copépodos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* en los cuatro sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.



Anexo 17. Gráfica de correlación entre los cladóceros disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* en los cuatro sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.



Anexo 18. Gráfica de correlación entre los rotíferos disponibles en el ambiente y los contenidos en los tubos digestivos de los peces del género *Chirostoma* en los cuatro sitios de colecta (San Jerónimo, Napizaro, Embarcadero y Ucasanastacua) en el lago de Pátzcuaro.