



ECOLOGÍA TRÓFICA DE *GIRARDINICHTHYS MULTIRADIATUS* (MEEK, 1904) (PISCES: GOODEIDAE) EN LA LAGUNA DE SALAZAR ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

TROPHIC ECOLOGY OF *GIRARDINICHTHYS MULTIRADIATUS* (MEEK, 1904) (PISCES: GOODEIDAE) IN THE SALAZAR LAGOON, STATE OF MEXICO, MEXICO

Adolfo Cruz-Gómez¹✉, Jonathan Franco-López² y Asela del Carmen Rodríguez-Varela³
Laboratorio de Ecología de Peces, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma
de México. Av. De los Barrios, No. 1, C.P. 54090. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México
¹✉ adolfofcg@unam.mx, ²jonfranco@yahoo.com, ³asela@unam.mx

ABSTRACT

Girardinichthys multiradiatus is a viviparous fish endemic to Mexico located in the Lerma, Balsas and Panuco Hydrological Basins. In the State of Mexico, it is distributed mainly in the Rio Lerma Basin, and despite the relevance of this species due to its endemism, studies on its food are scarce even though they are fundamental to the knowledge of its biology. The specimens were collected in the Salazar Lagoon, in total 204 stomachs of this species (82 females and 122 males) were examined during an annual cycle. Percentages in number, weight and frequency, Zander's food importance index and Levins trophic niche amplitude were obtained for the analysis of stomach content. *G. multiradiatus* consumed 14 type food items and according to Zander index bivalves and gastropods, were essential dietary food for both sexes during study period. According to Levins index, the niche amplitude was low, so it is considered a specialist. In Salazar, mollusks and crustaceans were the basis of *G. multiradiatus*' diet. This species is carnivorous and the results in Salazar show variations in their diet compared to other reservoirs studied, which makes it necessary to carry out more studies on their trophic ecology in the environments of the State of Mexico in order to propose alternatives of conservation.

Key words: Conservation, food importance, Levins index, trophic niche amplitude, Zander index.

RESUMEN

Girardinichthys multiradiatus es un pez vivíparo endémico de México localizado en las Cuencas Hidrológicas del Lerma, Balsas y Pánuco. En el Estado de México se distribuye principalmente en la cuenca del río Lerma y a pesar de la relevancia que tiene esta especie debido a su endemismo, los estudios sobre su alimentación son escasos aun cuando son fundamentales para el conocimiento de su biología. Los especímenes fueron recolectados en la laguna de Salazar, en total se examinaron 204 estómagos de esta especie (82 hembras y 122 machos) durante un ciclo anual. Para el análisis del contenido estomacal se obtuvieron los porcentajes en número, peso y frecuencia, el índice de importancia alimentaria de Zander y la amplitud de nicho trófico de Levins. *G. multiradiatus* consumió 14 tipos alimentarios y de acuerdo con el índice de Zander los bivalvos y gasterópodos, fueron alimento esencial en la dieta para ambos sexos durante el periodo de estudio. De acuerdo con el índice de Levins, la amplitud de nicho fue baja por lo que se considera especialista. En Salazar, los moluscos y crustáceos fueron la base en la dieta de *G. multiradiatus*. Esta especie es carnívora y los resultados en Salazar muestran variaciones en su dieta respecto a otros embalses estudiados, lo que hace necesario realizar más estudios sobre su ecología trófica en los ambientes del Estado de México con el fin de proponer alternativas de conservación.

Palabras clave: Amplitud de nicho trófico, conservación, importancia alimentaria, índice de Levins, índice de Zander.

INTRODUCCIÓN

El “mexclapique del Lerma” o “pez amarillo” *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) pertenece a la familia Goodeidae que agrupa peces dulceacuícolas exclusivamente mexicanos (Álvarez del Villar, 1970). Ésta especie se ha registrado en las cuencas de los ríos Lerma y Balsas (Miller et al., 2005), aunque también se ha localizado en la cuenca del río Pánuco (Navarrete-Salgado et al., 2007; Rodríguez-Varela et al., 2015). La cuenca del río Lerma-Santiago se ha caracterizado por una gran explotación de recursos naturales, lo que ha provocado la alteración de los hábitats y como consecuencia la desaparición de algunas especies de fauna y flora de sus aguas en algunas de sus porciones (De la Vega-Salazar, 2006).

Los sistemas acuáticos del Estado de México se encuentran en una presión continua debido a la intensa actividad agropecuaria, la constante extracción de agua para irrigación, la intensa contaminación a que son sometidos así como la introducción de especies exóticas (De la Vega-Salazar, 2006; Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007), que han propiciado la alteración de los cuerpos de agua donde se distribuye *G. multiradiatus*, lo que podría provocar a mediano plazo la desaparición, no sólo de esta especie sino de muchas otras que habitan estos sistemas. En este sentido, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) tiene catalogada a esta especie como vulnerable, sin embargo, la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) aun no la considera. Lo anterior, incrementa el interés por desarrollar diversos estudios sobre la biología y ecología del pez amarillo con el fin de aplicar estrategias para su conservación, y uno de estos estudios es el conocimiento de su alimentación.

Para los peces como para cualquier organismo, una buena alimentación es indispensable para crecer, sobrevivir y reproducirse, así mismo, el conocimiento de los hábitos alimenticios de las especies permite evaluar su posición en la comunidad y el hábitat donde se localizan (Granado, 2002), por lo que es de esperarse que la alimentación del pez amarillo cambie dependiendo la zona donde se le localice.

La mayoría de las investigaciones realizadas en esta especie en la cuenca del río Lerma-Santiago, han considerado trabajos sobre comportamiento, reproducción, parasitismo y distribución (Salgado-Maldonado et al., 2001; Macías y de Perera, 2002; de Perea y Macías, 2003; Macías-García y

Saborío, 2004; Sánchez-Nava et al., 2004; De la Vega-Salazar, 2006; Domínguez-Domínguez et al., 2007; Cruz-Gómez et al., 2010, 2011, 2013), pero son pocos los trabajos sobre la alimentación de esta especie a pesar de la gran cantidad de cuerpos de agua donde se le localiza en el Estado de México (Cruz-Gómez et al., 2005; Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros, 2006; Navarrete-Salgado et al., 2007; Flores, 2007; De la Cruz, 2010; Hernández, 2016).

El presente trabajo forma parte de un proyecto a largo plazo que incluyen aspectos sobre la distribución y ecología de esta especie en los sistemas dulceacuícolas del Estado de México con la finalidad de establecer el estado de riesgo de sus poblaciones en estos ambientes. En este sentido y considerando la importancia de realizar estudios de las especies endémicas, el objetivo del presente trabajo es conocer la ecología trófica de *G. multiradiatus* en las diferentes temporadas climáticas en la laguna de Salazar, Estado de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna de Salazar se ubica dentro del parque nacional “Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla”, en el paraje denominado “La Marquesa” que se ubica al este de la capital del Estado de México, Toluca. Se localiza geográficamente entre las coordenadas 99° 23' 2.64" y 99° 23' 6.72" de longitud Oeste y entre los paralelos de 19° 18' 24.48" y 19° 17' 58.56" de latitud Norte, a una altitud promedio de 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Fig. 1). El clima es templado-subhúmedo C (E)(w)(w) con lluvias en verano, la precipitación media anual es mayor a los 800 mm y temperatura media anual que oscila entre 5° y 18°C (INEGI 2018). La vegetación acuática del sistema identificada en el laboratorio, está conformada principalmente por *Hydrocotyle* sp., *Egeria densa* y *Ceratophyllum demersum*.

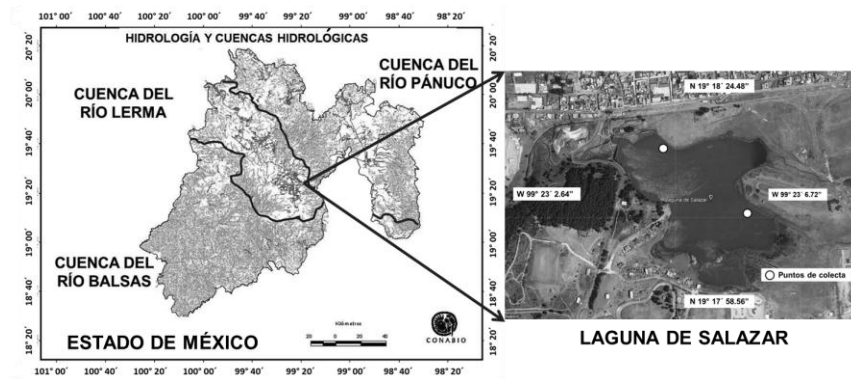


Fig. 1. Localización del área de estudio y puntos de recolecta en la laguna.

Las recoletas de los peces se realizaron bimestralmente de enero a diciembre de 2010. Los datos se agruparon considerando las estaciones del año: primavera, verano, otoño e invierno. Los peces fueron colectados de acuerdo a los hábitos reportados para la especie (Miller, 2005) y considerando éstas características, la colecta se realizó en dos puntos: orillas del embalse y sobre la vegetación a una profundidad promedio de 50 cm. Se empleó una red de cuchara de 56 cm por 38 cm, y 35 cm de profundidad con abertura de malla de 0.5 cm. Los organismos capturados fueron fijados en formol al 10% y posteriormente en alcohol al 70% para su preservación y análisis.

En el laboratorio los peces, fueron sexados y medidos en su longitud patrón con un vernier (± 0.1 mm) y pesados en una balanza digital (± 0.001 g) siguiendo el criterio de Bagenal (1978). Para la obtención de las frecuencias de tallas los organismos se agruparon arbitrariamente en intervalos de 3 mm (Cruz-Gómez et al., 2010). Con estos intervalos de tallas se describe la tendencia ontogénica en su alimentación.

La identificación del contenido estomacal se realizó al nivel taxonómico máximo posible utilizando bibliografía especializada (Needham y Needham, 1978; McCafferty y Provonsha, 1998; Smith, 2001). Para el análisis de la dieta se utilizaron los métodos de frecuencia de ocurrencia (FO), abundancia relativa (AR) y biomasa relativa (BR) y para determinar la importancia de los tipos alimentarios se utilizó el índice de alimento principal de Zander (Granado, 2002):

$$MFI = \sqrt{\left(\frac{\%N + \%F}{2}\right)} * \%P$$

Donde MFI = Índice de alimento principal
 N = % Numérico (abundancia relativa AR)
 F = % Frecuencia (Frecuencia de ocurrencia FO)
 P = % Peso (biomasa relativa BR)

La interpretación de Zander es la siguiente: valores mayores de 75 son presas esenciales; entre 51 y 75 presas principales; entre 26 y 50 presas secundarias y menor de 26 presas accesorias.

La amplitud de nicho trófico se realizó de acuerdo al modelo de Levins estandarizado por Hurlbert (Krebs, 1998). Los análisis se realizaron para hembras y para machos. El índice de Levins, propone que la amplitud puede ser estimada a partir de la uniformidad de la distribución de los individuos entre los diversos recursos alimenticios (Krebs 1998) y se expresa de la siguiente forma:

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

Donde B es el índice de Levins y pi es la proporción con la cual cada categoría de la presa i contribuye a la dieta.

Para hacer más fácil la interpretación, los valores obtenidos se estandarizan con el método de Hurlbert (Krebs 1998), el cual asume valores de 0 a 1. Cuando los valores de Ba son menores de 0.60, el organismo se considera especialista, lo que indica que utiliza un número bajo de recursos y presenta una preferencia por ciertos alimentos. Cuando los valores son cercanos a uno (> 0.60), su espectro es generalista, es decir, utiliza todos los recursos sin ninguna selección, mediante la siguiente fórmula

$$Ba = \frac{B-1}{N-1}$$

Donde B = el valor obtenido de Levins y N = número de tipos alimentarios.

RESULTADOS

Los tipos alimentarios más consumidos por ambos sexos durante el periodo de estudio fueron los cladóceros y anfípodos con el mayor porcentaje, seguido de los dípteros, bivalvos, isópodos y cyclopoideos, aunque estos últimos fueron más consumidos hacia el otoño e invierno (Tabla 1).

Tabla 1.- Porcentaje de alimento consumido por ambos sexos durante las estaciones climáticas de 2010 en la laguna de Salazar, Estado de México.

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos
Rotífera		0.2				1.7		
Cladocera	74.5	84.6	89.4	83.2	45.3	54.2	61.1	89.6
Calanoida		0.8		0.1		1.7		1.3
Cyclopoida		0.3	0.2	0.2	7.1	4.7		2.7
Gastropoda	1.0	0.2	0.7	1.4	2.2		3.7	0.3
Bivalvia	0.6	1.4	0.1	1.8	4.4	6.4	5.6	
Ostracoda		0.5		0.4				
Decapoda		0.5			0.4			
Isopoda	1.2	0.2	0.1	0.3	3.6		13.0	0.4
Amphipoda	17.5	9.9	7.2	11.8	23.6	25.8	11.1	4.0
Odonata	0.2	0.1	0.4	0.1	0.4	0.7		0.2
Hemiptera	3.9	0.2	0.4		1.3	0.3	1.9	
Trichoptera	0.008	0.8						
Diptera	0.6	0.9	1.5	0.8	11.6	4.7	3.7	1.4

Al analizar la ontogenia alimentaria por sexo y temporada climática, en las figuras 2 y 3 se observa que desde las tallas de 1 cm hasta 5.2 cm en hembras y 1 cm a 4.5 cm en machos los alimentos frecuentes fueron los anfípodos y cladóceros, los moluscos aparecen en ambos sexos en tallas mayores a 2.5 cm.

Con el fin de comparar los tipos alimentarios consumidos por *G. multiradiatus*, se realizó una recopilación de los registros de su dieta que se han hecho hasta el momento en 13 sistemas analizados en las tres cuencas hidrológicas, 12 en el Estado de México y uno del estado de Querétaro (Tabla 2). De los 29 tipos alimentarios registrados, los más consumidos frecuentemente por el pez amarillo son: copépodos, cladóceros, anfípodos, hemípteros y dípteros, pero también se observa, que no todos los tipos alimentarios son consumidos en todos los sistemas, esta variedad de recursos, su abundancia y su consumo, depende en cierta medida de las características de cada sistema.

Los valores del alimento principal de acuerdo al índice de Zander se muestran en las tablas 3 (hembras) y 4 (machos). Para las hembras, de acuerdo a Zander, los alimentos esenciales fueron: bivalvos, hemípteros, anfípodos, odonatos y gasterópodos. Para los machos, solo los bivalvos y gasterópodos fueron los alimentos esenciales, el resto de los tipos alimentarios de acuerdo a su valor, fueron secundarios o presas accesorias para ambos sexos.

Los valores de la amplitud de nicho trófico de acuerdo al índice de Levins estandarizado por Hurlbert y sus valores están por debajo de uno (Tabla 5), por lo que, de acuerdo a este índice *G. multiradiatus* presenta una amplitud de nicho estrecha por lo que se considera un organismo especialista, en este caso de cladóceros y anfípodos, lo que se ve marcado por el alto consumo de estos tipos alimentarios.

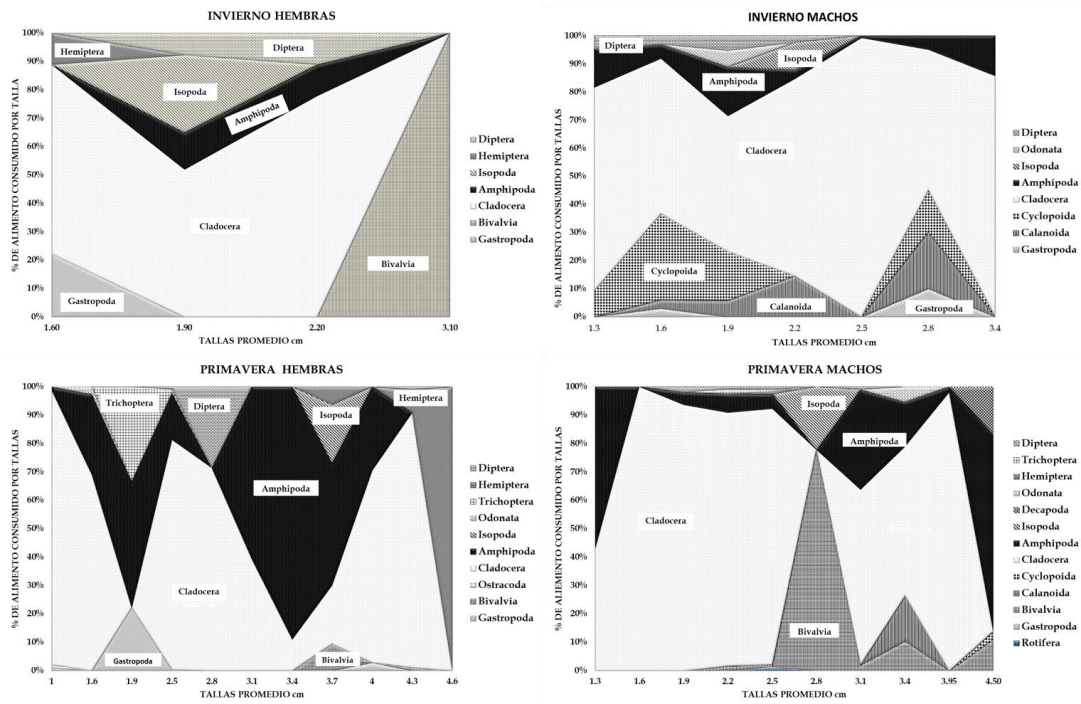


Figura 2.- Tipos alimentarios consumidos por sexo y tallas durante el invierno y primavera del 2010.

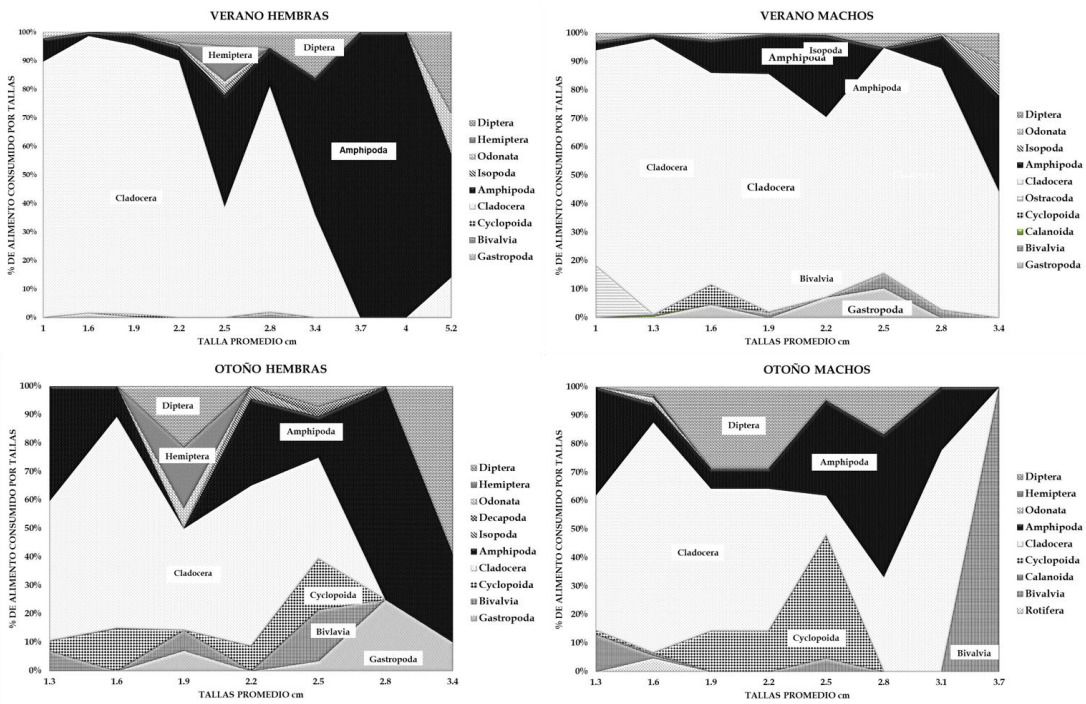


Figura 3.- Tipos alimentarios consumidos por sexo y tallas durante el verano y otoño del 2010.

Tabla 2. Tipos alimentarios consumidos por *G. multiradiatus* en 13 sistemas de las cuencas hidrológicas que cruzan el Estado de México. Cuenca del Balsas: 1 Villa Victoria, 2 Zempoala. Cuenca del Lerma: 3 Chignahuapan, 4 Salazar, 5 Sierra Morelos, 6 Ignacio Ramírez, 7 Brockman. Cuenca del Pánuco: 8 Huapango, 9 Xhimojay. 10 El molino, 11 La Goleta, 12 San Miguel Arco, 13 San Martín, Querétaro.

Alimento de <i>G. multiradiatus</i> en el Estado de México			Cuenca del Balsas		Cuenca del Lerma				Cuenca del Pánuco						
Tipos alimentarios			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rotífera	Rotífera					X	X								
Branchiopoda	Cladocera	<i>Daphnia sp</i>								X				X	X
	Otros		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Copepoda	Anostraca											X			
	Calanoida				X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Mollusca	Cyclopoida		X	X	X	X		X	X	X	X	X			
	Gastropoda		X		X	X	X	X	X	X	X				
Ostracoda	Bivalvia				X										
	Ostracoda		X			X	X	X	X	X	X	X			
Malacostraca	Amphipoda	<i>Hyalella sp</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X			
	Isopoda	<i>Caecidotea sp</i>			X	X									
Collembola	Decapoda	<i>Cambarellus sp</i>			X	X									
	Collembola			X	X										
Ephemeroptera	Ephemeroptera			X			X	X		X					X
	Odonata	Zygoptera	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X
Insecta	Odonata	Anisoptera							X						
	Plecoptera						X	X							
Hemiptera	Hemiptera	Corixidae		X	X	X	X	X			X	X			
	Trichoptera		X			X					X				
Coleoptera	Coleoptera		X	X	X	X	X			X	X				
	Thysanoptera			X					X						
Diptera	Quironomidae		X	X		X	X		X		X	X	X	X	X
	Culicidae		X												
Chaoboridae	Chaoboridae			X											
	Otros		X		X			X		X					
Hymenoptera	Hymenoptera			X	X		X								
	Acari		X				X	X		X					
Arachnida	Araneae						X		X			X			
Anelida	Oligochaeta						X								

Tabla 3. Alimentos consumidos y valores del índice de Zander (IZ) para hembras durante las temporadas climáticas de 2010.

Primavera	IZ	Verano	IZ	Otoño	IZ	Invierno	IZ
Hemiptera	106.52	Odonata	78.69	Bivalvia	112.84	Bivalvia	136.81
Amphipoda	83.64	Gastropoda	76.21	Gastropoda	98.76	Gastropoda	84.39
Gastropoda	70.45	Amphipoda	65.63	Amphipoda	31.23	Isopoda	56.78
Bivalvia	39.59	Cladocera	36.94	Diptera	28.24	Hemiptera	16.01
Cladocera	13.78	Diptera	30.63	Isopoda	8.31	Amphipoda	14.50
Odonata	13.45	Hemiptera	18.10	Odonata	7.78	Diptera	10.37
Isopoda	5.73	Bivalvia	5.32	Hemiptera	6.80	Cladocera	3.53
Diptera	4.10	Isopoda	0.65	Decapoda	3.41		
Ostracoda	0.19	Cyclopoida	0.09	Cladocera	2.19		
				Cyclopoida	0.90		

Tabla 4. Alimentos consumidos y valores del índice de Zander (IZ) para machos durante las temporadas climáticas del 2010.

Primavera	IZ	Verano	IZ	Otoño	IZ	Invierno	IZ
Bivalvia	156.86	Bivalvia	114.89	Bivalvia	264.81	Gastropoda	78.18
Amphipoda	62.56	Gastropoda	109.13	Amphipoda	51.71	Cladocera	56.94
Cladocera	23.30	Amphipoda	54.88	Diptera	18.36	Amphipoda	38.86
Trichoptera	17.58	Cladocera	18.05	Odonata	17.31	Diptera	35.03
Decapoda	17.52	Diptera	7.55	Cladocera	4.14	Odonata	26.19
Diptera	8.72	Odonata	3.25	Hemiptera	2.23	Isopoda	4.51
Gastropoda	8.45	Isopoda	1.94	Cyclopoida	0.70	Cyclopoida	2.30
Odonata	6.31	Ostracoda	0.16	Calanoida	0.14	Calanoida	0.81
Hemiptera	3.41	Cyclopoida	0.03	Rotifera	0.01		
Isopoda	1.06	Calanoida	0.01				
Calanoida	0.23						
Cyclopoida	0.07						
Rotifera	0.001						

Tabla 5. Índice de Levins estandarizado por Hurlbert durante las temporadas climáticas de 2010.

	Machos	hembras
primavera	0.03	0.10
verano	0.05	0.03
otoño	0.21	0.28
invierno	0.03	0.24

DISCUSIÓN

En el zooplancton de la laguna de Salazar, destacan como recursos disponibles los cladóceros, copépodos y rotíferos, en el zoobentos sobresalen moluscos, crustáceos e insectos principalmente. En orden de importancia hembras y machos de *G. multiradiatus* se alimentan en todas las estaciones del año de cladóceros, anfípodos, dípteros, bivalvos e isópodos. Otros alimentos también consumidos por ambos sexos durante todo el año, aunque en menor abundancia son los odonatos y hemípteros. Los calanoideos solo fueron consumidos por los machos, mientras que el resto de los alimentos consumidos pueden clasificarse como ocasionales, tricópteros, decápodos, ostrácodos y rotíferos son los menos consumidos en los sistemas revisados.

En general, los machos consumieron una mayor cantidad de tipos alimentarios que las hembras aunque ambos sexos, mostraron un menor consumo hacia el invierno cuando la temperatura del agua es la más baja del año, lo que ocasiona que el metabolismo disminuya, lo que se ve reflejado en la tasa de alimentación (Lager et al., 1984; Wootton, 1990). En este sentido, Cruz-Gómez y Rodríguez-Varela (2019) mencionan que la tasa de crecimiento de *G. multiradiatus* baja en la temporada de secas, la que comprende los meses de invierno, esto concuerda con lo observado por Wootton (1990) del efecto de la temperatura sobre las tasas de alimentación, crecimiento y reproducción.

En otros sistemas, los tipos alimentarios y su consumo cambian debido a las características de cada ambiente, por ejemplo, los sistemas localizados en las cuencas del Lerma y del Balsas registran una mayor variedad en los alimentos consumidos, a diferencia de cuatro sistemas en la cuenca del Pánuco que es en donde se registró la menor variedad en la dieta del pez. Pero en general en todos los sistemas, los alimentos más frecuentes en el consumo son los copépodos, cladóceros, anfípodos, odonatos y dípteros.

Los tipos alimentarios que consume el pez amarillo en Salazar son en general los mismos que en los demás sistemas reportados (Cruz-Gómez et al., 2005; Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros, 2006; Flores, 2007; De la Cruz, 2010; Hernández, 2016), pero se observa una diferencia con respecto a los insectos, puesto que solo cuatro grupos de éste orden (30.8%) reportados para Salazar, son consumidos. En Zempoala, Sierra Morelos e Ignacio Ramírez se consume más del 50% de éste orden y en los sistemas del Pánuco menos del 40%. Del grupo de los moluscos, resaltan los bivalvos, grupo alimentario que no es consumido en ningún otro sistema.

Un aspecto importante de resaltar en la alimentación de la especie, es el consumo de organismos no propios del ambiente acuático como tisanópteros (Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros, 2006) e himenópteros (Hernández, 2016); organismos que eventualmente pueden caer al agua y ser consumidos por el pez de manera oportunista. Tal vez ocurre lo mismo con ácaros y arañas que también se han encontrado en la dieta, aunque no en todos los sistemas. Otro aspecto a considerar, es lo reportado en el embalse de la Goleta, Navarrete-Salgado et al. (2006), mencionan el consumo de diatomeas, las cuales podrían ser alimento accidental dadas las características netamente carnívoras del pez amarillo (tipos de dientes y estómago, además de la relación longitud del estómago/longitud del pez entre otras). De acuerdo a Nikolski (1963), la relación longitud del estómago/longitud del pez con valores menores del 100% se da en peces carnívoros y *G. multiradiatus* tiene esta relación, con un promedio del 56% en la ciénega de Chignahuapan (Hernández, 2016) por lo que el consumo de restos vegetales puede ser accidental.

Al respecto, autores, como Torres et al. (2012), mencionan que los índices empleados para el análisis de la preferencia del consumo de los alimentos en *Osteoglossum bicirrhossum* (Cuvier, 1829), pez omnívoro con tendencia a la carnivoría, revelan que los restos vegetales no representan una parte importante de la dieta y que el índice empleado los categoriza como un ítem secundario, pero con tendencia accidental. Esto sucede en el pez amarillo ya que también se ha observado en peces analizados de otros sistemas (Zempola, La Goleta e Ignacio Ramírez), la presencia de restos de pastos o algas en los estómagos, pero esto, es debido al modo en que los organismos capturan a sus presas o lo que comen éstas, por lo que no se reportan como parte de la dieta de *G. multiradiatus* en el presente trabajo. En este sentido, al realizar el análisis del contenido estomacal en algunas larvas de dípteros (quironómidos y culícidos) se encontró que consumen algas en gran cantidad, por lo que es común encontrarlas en la dieta de pez amarillo en todos los sistemas pero no como dieta del pez (Hernández, 2016).

Otras diferencias en la dieta, son debidas al tipo de ambiente en que fueron realizados estos estudios. De los sistemas analizados hasta el momento, sólo en tres de ellos (La Goleta y San Miguel Arco en el Estado de México y San Martín en el Estado de Querétaro), se registró el menor número de tipos alimentarios consumidos, en el resto de los sistemas se presentan entre nueve y 19 tipos de los 29 reportados a grandes grupos. Esto, como ya se mencionó, depende del tipo de ambiente, ubicación, tamaño y uso de agua, lo que influye en los recursos disponibles en cada uno de ellos; pero lo que se observa en general es que los copépodos, cladóceros, moluscos, anfípodos, hemípteros y dípteros son un recurso común en todos los sistemas, por lo que forman parte fundamental en la dieta del pez amarillo.

En Salazar, la presencia de cladóceros y anfípodos durante todo el año fue fundamental dado su consumo en las cuatro temporadas climáticas. Con base a lo anterior, la ontogenia alimentaria muestra un elevado consumo de estos tipos alimentarios en todas las tallas analizadas durante las cuatro estaciones del año, siendo más elevado el consumo de cladóceros. En ambos sexos se observa también un alto consumo de anfípodos, pero es más evidente en las hembras sobre todo durante las temporadas de primavera, verano y otoño. Tanto en hembras como en machos a

partir de los 2.5 cm, el número de tipos alimentarios aumenta conforme aumenta la talla y también el tamaño de las presas, tallas pequeñas comen presas pequeñas y tallas grandes ingieren presas grandes, tal es el caso de los isópodos, anfípodos y dípteros que a partir de las tallas de 2.5 cm el tamaño de las presas fue en aumento. El consumo de los moluscos (gasterópodos y bivalvos) ocurre a partir de otoño e invierno prácticamente al inicio de la temporada de lluvias. Datos sobre la ontogenia alimentaria reportados en otros trabajos muestran leves diferencias por ejemplo Flores, (2007) reportó a los cladóceros y dípteros como los más frecuentes en Villa Victoria, De la Cruz, (2010) observó a los cladóceros y copépodos en Ignacio Ramírez como los más comunes y Hernández (2016) reporta algo similar en Chignahuapan, pero de igual forma en tallas más grandes aparecen en la dieta los insectos, principalmente dípteros.

Al respecto, Granado (2002) menciona, que dentro de los hábitos alimentarios en los peces dulceacuícolas, destaca uno en particular, el de comedores de invertebrados; menciona el consumo de crustáceos, cladóceros, copépodos y ostrácodos; de manera especial menciona a los insectos, tanto acuáticos como terrestres como conexión importante en las cadenas tróficas, los cuales son reportados en este trabajo y en los otros sistemas analizados.

En este contexto, *G. multiradiatus* se ha clasificado como consumidor de segundo orden, carnívoro primario tanto del zooplancton como del zoobentos. La posición de carnívoro lo avala también la relación de la longitud del tracto digestivo respecto a la longitud del pez. Para esta especie ésta relación fluctuó de 56 a 65% en los diferentes sistemas, lo cual corresponde a un pez carnívoro de acuerdo a Nikolsky (1963). Como ya se ha mencionado, el consumo alimentario puede variar de sistema en sistema, en algunos sistemas *G. multiradiatus* se cataloga como una especie insectívora o entomófaga (Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros, 2006) en otros se cataloga como especie omnívora (Navarrete-Salgado et al., 2007), en Villa Victoria puede ser entomófaga o carcinófaga, dependiendo de la temporada.

De la Cruz (2010) establece que el pez amarillo presenta tendencias carcinófagas en el sistema de Ignacio Ramírez; en el presente trabajo se observó que tiende a ser un pez malacófago de acuerdo con el índice de Zander. Independientemente de los cambios que pueden existir, los insectos, sobre todo dípteros forman parte importante de su dieta en todos los sistemas, en este sentido, también se debe de considerar la plasticidad en la ecología alimentaria de los peces como lo menciona Wootton (1990).

En general el comportamiento alimentario de esta especie estuvo determinado por las características propias del ambiente ya que tanto la composición como la abundancia de los recursos cambian con las temporadas climáticas.

Valor de importancia del alimento

Por otro lado, si bien la abundancia en el contenido estomacal es un indicativo de la importancia del alimento en la dieta de estos peces, algunos autores señalan la importancia de considerar no solo la abundancia de los alimentos, ya que organismos pequeños como los cladóceros o copépodos, podrían sobrestimar la importancia de estos (Holden y Raitt, 1975). En este sentido el índice de alimento principal de Zander muestra como alimento esencial cinco tipos alimentarios; en las hembras, moluscos (gasterópodos y bivalvos), hemípteros, anfípodos y odonatos, que son más grandes y de mayor biomasa que los cladóceros. En los machos los alimentos esenciales fueron principalmente los moluscos. Los cladóceros, que fueron muy abundantes en el contenido estomacal pasan a ser alimento principal o secundario junto con el resto de los demás componentes alimentarios y no esencial como podría esperarse. Es decir, no todos los

tipos alimentarios más abundantes tienden a ser los más importantes, esta tendencia alimenticia es similar a las reportadas en los demás sistemas analizados.

Por ejemplo, en Zempola donde se aplicó el índice de Albertaine, los himenópteros, dípteros y colémbolos fueron los alimentos más importantes (Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros, 2006). En la ciénega de Chignahuapan, aplicando el índice de Pinkas, los alimentos más importantes fueron dípteros, copépodos, cladóceros y hemípteros (Hernández, 2016); en la presa Brockman se aplicó el índice de Zander, los resultados preliminares mostraron a los dípteros, odonatos y gasterópodos como los alimentos más importantes. Estas diferencias se deben en primer lugar, al recurso que consume el pez en cuanto a su tamaño, cantidad y biomasa en cada uno de los sistemas y en segundo al índice de importancia que se aplique, por lo que, un factor importante en este tipo de estudios es la consideración del peso, abundancia y frecuencia en los alimentos consumidos. Como en todo estudio de ecología trófica, la especie y su tipo de dieta será lo más importante en la decisión de los índices de importancia alimenticia a utilizar.

Garvey y Chipps (2012) mencionan que los métodos tradicionales para cuantificar la composición de la dieta proporcionan información diferente acerca de la dieta de los peces; y seleccionar el método adecuado depende de lo que se quiera investigar. En términos generales, la composición porcentual en peso es útil para evaluar la importancia de un tipo de presa en la dieta del depredador, la composición porcentual por número proporciona información útil sobre posibles efectos sobre las poblaciones presas y la frecuencia de ocurrencia proporciona información sobre la amplitud de dieta y frecuencia (raro contra dominante) sobre el tipo de presas consumidas. De ahí la importancia de la aplicación de estos índices de importancia del alimento, sea cualquiera el que se utilice, aun con los detalles sobre su exactitud.

Por otro lado, es importante considerar la plasticidad en la ecología alimentaria de los peces (Wootton, 1990) y la variación en la alimentación de los peces durante la ontogenia y la importancia de aspectos sobre los hábitos alimentarios de las especies, la disponibilidad del alimento y su variación temporal (Nikolski, 1963). Lo antes citado fue observado en el presente estudio y en otros trabajos realizados sobre la especie en diferentes sistemas (Navarrete-Salgado et al., 2007; Flores, 2007; De la Cruz, 2010; Hernández, 2016) donde se registraron variaciones de la dieta de acuerdo con el sexo, talla y temporalidad.

Amplitud de nicho

Granado (2002) menciona que dependiendo de la composición del contenido estomacal, las especies se pueden clasificar de acuerdo con su régimen alimenticio como especialistas, generalistas y oportunistas. En este sentido, los valores bajos obtenidos para la amplitud de nicho trófico durante los cuatro periodos climáticos, considerando la abundancia de los alimentos consumidos, muestran a una especie totalmente especialista para ambos sexos, de acuerdo con los valores obtenidos por Levins (Krebs, 1998), que concuerdan con el marcado consumo de sólo algunos de los taxones presentes en la oferta ambiental, ya que si bien, *G. multiradiatus* se alimenta de un variado número de tipos alimentarios, la frecuencia de aparición y la abundancia de cladóceros y anfípodos fue base en la dieta de esta especie en Salazar. En general, ésta misma amplitud de nicho se presenta en los demás sistemas cuando se manejan los datos con la abundancia de los recursos consumidos. Sin embargo, cuando se utilizan los valores en biomasa para este mismo índice, los valores cambian de especialista a generalista, por lo que en es un buen punto a discutir sobre el uso de los valores en el alimento consumido (abundancia o biomasa) para analizar los índices de amplitud de nicho.

Krebs (1998) menciona, que el análisis de la dinámica de una comunidad depende en parte de la medida de cómo los organismos utilizan su entorno, y una manera de hacer esto es medir los parámetros del nicho de la población y compararlos con otra. Y ya que el alimento es una de las dimensiones del nicho más importantes, el análisis de las dietas en los peces está estrechamente relacionado con el problema de las especificaciones de nicho, sobre todo si en los ambientes se manifiesta la competencia.

La conducta estenofágica o especialista de *G. multiradiatus* es una razón más para proponer la conservación de la biodiversidad tanto acuática como terrestre en los sistemas del Estado de México, donde se ha localizado a esta especie, cuya función principal como especie depredadora, de acuerdo a Granado (2002), es regular la estructura y función de las comunidades asociadas a ella, desarrollado ritmos de vida acorde a la producción de sus presas.

En general, la alimentación de *G. multiradiatus* estuvo compuesta por 14 tipos alimentarios los cuales varían entre temporadas y sexos, lo que lo ubica como consumidor de segundo orden, carnívoro primario zooplancófago y zoobentófago comedor de invertebrados (moluscos, crustáceos e insectos). Los espectros tróficos por tallas mostraron un mayor consumo de cladóceros y anfípodos tanto por temporadas como por sexos en todas las tallas. A partir de 2.5 y hasta los 5 cm que fue la talla máxima capturada en hembras, el consumo se complementa con dípteros, isópodos, hemípteros y bivalvos.

De acuerdo al Índice de alimento Principal de Zander, los gasterópodos, bivalvos, anfípodos y cladóceros, son los más importantes en su dieta en las cuatro temporadas para ambos sexos. De acuerdo al Índice Levins estandarizado por Hurlbert, *G. multiradiatus* presentó una amplitud de nicho trófico estrecho por lo que se comporta como especialista o estenófaga.

La laguna de Salazar al igual que en muchos sistemas, la productividad está influenciada por las temporadas climáticas y en este sentido, la alimentación también muestra este patrón, sin embargo los anfípodos y cladóceros siempre estuvieron presentes y fueron la base de la alimentación en comparación con otros sistemas estudiados, en los cuáles el consumo de insectos es más frecuente. Lo cual indica que cada sistema es particular en cuanto a los recursos disponibles y en cada sistema donde se localiza al pez amarillo, su alimentación cambia dependiendo de esta disponibilidad, de ahí el interés de seguir estudiando la ecología trófica de *G. multiradiatus* en los diferentes sistemas en el Estado de México y en las tres cuencas donde se localiza, ya que de acuerdo a la IUCN en 1996 la especie fue catalogada como vulnerable en la cuenca del Lerma-Santiago (Contreras-Balderas y Almada-Villela, 1996) y en 2019 se catalogó en peligro de extinción (Koeck et al., 2019) sin embargo, en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059) aún no se tiene registrada como especie amenazada, lo que hace necesario realizar más estudios de la especie.

Granado (2002) menciona el conocimiento de los hábitos alimentarios permitirá evaluar el estatus de la especie en su comunidad y de igual forma, el efecto que sobre esta especie tenga la introducción de especies exóticas y que puedan competir por alimento, como sucede con la especie *Heterandria bimaculata* (Familia Poeciliidae) que ha sido registrada en varios ambientes del estado de México (Rodríguez-Varela et al., 2015) y de acuerdo a Trujillo-Jiménez y Toledo (2007) *H. bimaculata* consume un alto porcentaje de insectos, entre estos los dípteros.

Otras especies como *Menidia jordani*, *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* presentes en la mayoría de los embalses en el Estado de México, también consumen los mismos tipos alimentarios, sobre todo cladóceros, copépodos y anfípodos (Navarrete-Salgado et al., 2007; 2010), por lo que podría suceder que en un tiempo dado, éstas especies podrían desplazar al pez amarillo de estos ambientes si se continua con la introducción de especies exóticas y alteración al ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), clave EN203804 y al Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera para Promover Grupos de Investigación (PAPCA) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

REFERENCIAS

1. Álvarez Del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (claves). México, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, Comisión Nacional Consultiva de Pesca.
2. Bagenal T., 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters (IBP handbook no 3). Blackwell, Oxford.
3. de Perea T.B. y Macías C.G., 2003. Amarillo fish (*Girardinichthys multiradiatus*) use visual landmarks to orient in space. *Ethology*, 109: 341-350. DOI: [10.1046/j.1439-0310.2003.00876.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2003.00876.x)
4. Contreras-Balderas S. y Almada-Villela P., 1996. *Girardinichthys multiradiatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T9195A12969241. DOI: [10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T9195A12969241.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T9195A12969241.en) (accesado en febrero 20, 2019).
5. Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A.C. y García-Martínez D., 2005. Las larvas de insectos en la dieta de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. *Entomología Mexicana*, 4: 1002-1006.
6. Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A. y Vázquez-López H., 2010. Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Querétaro, México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 3(9): 94-106.
7. Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A. y Vázquez-López H., 2011. Aspectos reproductivos de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904). *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 4(13): 215-228.
8. Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A. y Vázquez-López H., 2013. Reproductive aspects of yellow fish *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) in the Huapango Reservoir, State of Mexico, Mexico. *American Journal of Life Sciences*, 1(5): 189-194. DOI: [10.11648/j.ajls.20130105.11](https://doi.org/10.11648/j.ajls.20130105.11)
9. Cruz-Gómez A. y Rodríguez-Varela A.C., 2019. Ecología poblacional de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) pez endémico de México. *The Biologist (Lima)*, 2019, 17(1): 61-72. DOI: [10.24039/rtb2019171293](https://doi.org/10.24039/rtb2019171293)
10. De la Cruz R.G., 2010. Características tróficas de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) del embalse Ignacio Ramírez, Estado de México (tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional de México, México).

11. De la Vega-Salazar M.Y., 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Revista de Biología Tropical*, 54(1): 163-177. DOI: [10.15517/rbt.v54i1.13989](https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.13989)
12. Domínguez-Domínguez O. y Pérez-Ponce de León G.P., 2007. Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 75:12-15.
13. Flores M.I., 2007. Aspectos tróficos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) pez endémico del altiplano mexicano en el embalse Villa Victoria, Estado de México (tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México).
14. Garvey J.E. y Chipps S.R., 2012. Diets and energy flow. En: Zale A.V., Parrish D.L. Sutton T.M. (Eds.), *Fisheries techniques*, pp. 733-779. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society.
15. Granado C.L., 2002. *Ecología de peces*. España, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones de Sevilla.
16. Hernández P.C. 2016. Características alimentarias de *Girardinichthys multiradiatus* (Meck, 1994) (Pisces: Goodeidae) en la ciénega de Chignahuapan, Almoloya del Río, Estado de México (tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México).
17. Holden M.J. y Raitt D.F.S., 1975. *Manual de ciencia pesquera Parte 2-Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Roma, FAO.
18. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2018. Información Geográfica: Tipos de Clima. www.inegi.org.mx/temas/climatologia (accesado en noviembre 20, 2018).
19. IUCN (The IUCN Red List of Threatened Species), 2019. <http://www.iucnredlist.org> (accesado en octubre 02, 2019).
20. Koeck M., Daniels A. y Maiz-Tome L. 2019. *Girardinichthys multiradiatus*. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas de 2019: e.T9195A3150207. DOI: [10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T9195A3150207.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T9195A3150207.en) (accesado en octubre 02, 2019).
21. Krebs C.J., 1998. *Ecological methodology*. New York, Harper Collins.
22. Lagler K.F., Bardach J.E., Miller R.R. y May Pasino D.R., 1984. *Ictiología*. México, AGT Editor.
23. Macías C.G. y de Perera, T.B., 2002. Ultraviolet-based female preferences in a viviparous fish. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52: 1-6. DOI: [10.1007/s00265-002-0482-2](https://doi.org/10.1007/s00265-002-0482-2)
24. Macías-García C. y Saborío E. 2004. Sperm competition in a viviparous fish. *Environmental Biology of Fishes*, 70: 211-217. DOI: [10.1023/B:EBFI.0000033335.58813.fc](https://doi.org/10.1023/B:EBFI.0000033335.58813.fc)
25. McCafferty W.P. y Provonsha A., 1998. *Acuatic entomology. The fishermen's and ecologist illustrated guide to insects and their relatives*. Sudbury, Massachusetts, USA, Jones and Bartlett Publishers.

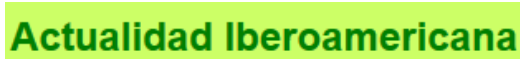
26. Miller R.R., Minckley W.L. y Norris S.M., 2005. Freshwater fishes of Mexico. U.S.A., The University of Chicago Press.
27. Navarrete-Salgado A.N., Rojas-Bustamante L.M., Contreras-Rivero G. y Elías-Fernández G., 2006. Alimentación de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse La Goleta, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 14: 63-68.
28. Navarrete-Salgado N.A., Aguilar R.J., Gonzáles D.M. y Fernández G.E., 2007. Espectro trófico y trama trófica de la ictiofauna del embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista de Zoología*, 18: 1-12.
29. Navarrete-Salgado N.A., Benítez-Maca E., Jiménez-Escudero V.M., Toledo García K.I., y Elías-Fernández G., 2010. Trama trófica de los peces del embalse la goleta (primavera 2007) en el Estado de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(2): 155-163. DOI: [10.5154/r.rchscfa.2009.06.022](https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.06.022).
30. Needham J.G. y Needham P.R., 1978. Los seres vivos de las aguas dulces. España, Editorial Reverté S.A.
31. Nikolsky G.V., 1963. The ecology of fishes. New York, USA, Academic Press Inc.
32. NOM-059-SEMARNAT (Norma Oficial Mexicana-059-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30-diciembre-2010. México. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf (accesado en octubre 15, 2018).
33. Rodríguez-Varela A.C., Cruz-Gómez A., Vázquez-López H., Hernández-Pérez C. y Palacios-Navarro L.R., 2015. Ichthyofauna in the Xhimojay Dam, State of Mexico. *American Journal of Life Science*, 3(3) 184-189. DOI: [10.11648/j.ajls.20150303.19](https://doi.org/10.11648/j.ajls.20150303.19)
34. Salgado-Maldonado G., Cabañas-Carranza G., Soto-Galera E., Caspeta-Mandujano J.M., Moreno-Navarrete R.G., Sánchez-Nava P. y Aguilar-Aguilar R., 2001. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma Santiago River Basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, 68: 204-217.
35. Sánchez-Nava P., Salgado-Maldonado G., Soto-Galera E. y Jaimes-Cruz B., 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research*, 93(5): 396-402. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1146-0>
36. SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2010). Diario Oficial de la Federación. México.
37. Smith D.G., 2001. Pennak's freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea. USA, Wiley.
38. Torres B.D.Castillo, Pinedo C.M. y Chu F.K., 2012. Hábitos alimenticios de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) en la cuenca medio del río Putumayo-El Estrecho, Loreto, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 2(1): 17-26. DOI: [10.22386/ca.v2i1.21](https://doi.org/10.22386/ca.v2i1.21)

39. Trujillo-Jiménez P. y Espinosa de los Monteros Viveros E., 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. *Revista de Biología Tropical*. 54:1247-1255.
DOI: [10.15517/rbt.v54i4.3102](https://doi.org/10.15517/rbt.v54i4.3102)

40. Trujillo-Jiménez P. y Toledo H.B., 2007. Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(2): 603-615. DOI: [10.15517/rbt.v55i2.6035](https://doi.org/10.15517/rbt.v55i2.6035)

41. Wootton R.J., 1990. Ecology of teleost fishes. Fish and Fisheries Series 1. London, UK, Chapman and Hall.

BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología, se encuentra actualmente indexada en



alojada en los repositorios



y en bases electrónicas de bibliotecas

