

Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces

Mar Silva V.¹, Hernández Morales R.², Medina Nava M.²

¹Posgrado Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Acuática. Facultad de Biología, UMSNH. Av. Francisco J. Múgica s/n Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, 58030 México

²Laboratorio de Biología Acuática. Facultad de Biología, UMSNH. Av. Francisco J. Múgica s/n Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, 58030 México

Resumen

Actualmente existe una gran diversidad de métodos de análisis clásicos de contenido estomacal en peces, que obedecen a supuestos y líneas metodológicas particulares. En el presente trabajo se exploran algunas de las técnicas e índices de mayor uso en la determinación de dietas, con un énfasis en sus ventajas y dificultades para su aplicación.

Palabras clave: Ecología trófica, dieta, hábitos alimenticios, peces lacustres.

Introducción

El análisis de contenido estomacal es una herramienta valiosa para inferir como, en una cadena trófica, los peces interactúan con otras especies, animales y vegetales, y con su medio (Langler, 1956; Hyslop, 1980; Krebs, 1989). La descripción y cuantificación de la dieta de organismos acuáticos es la base para comprender como ocurren los ciclos energéticos. De esta forma podemos estimar como los peces utilizan los recursos disponibles en su medio, si compiten por recursos con otros organismos, y cuál es la posición que ocupan dentro de la red trófica (Langler, 1956; Hyslop, 1980; Krebs, 1989; Torres-Rojas, 2011; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

Para realizar el análisis se utilizan líneas metodológicas definidas, las cuales se eligen en función de las particularidades de la dieta de las especies en estudio (Torres-Rojas, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013). Esto se debe a que los peces son un grupo altamente diverso y ocupan una gran amplitud de funciones en los sistemas que habitan, desde los consumidores primarios hasta carnívoros tope (Langler, 1956; Helfman, 2009; Torres-Rojas, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013) y por lo tanto los estudios de contenido estomacal se tienen que adaptar a las características propias de los objetos de estudio y al tipo de sistema acuático en el que se presentan (Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

Sin embargo, esto plantea una dificultad para homogenizar las metodologías e imposibilita la utilización de un mismo procedimiento para todos los grupos de peces (Hyslop, 1980; Cortés, 1997; Torres-Rojas, 2011). Debido a la variedad de técnicas y a la diversidad en los métodos existentes el objetivo es realizar un consenso y establecer una línea metodológica guía para el análisis de contenido estomacal de peces dulceacuícolas, que sea de utilidad principalmente para sistemas acuáticos lenticos de la Mesa Central de México.

Discusión

De manera histórica el análisis clásico de contenido estomacal se ha considerado como “una práctica común en la ecología de peces” (Hyslop, 1980; Amundsen *et al.*, 1996; Cortés, 1997). Un aspecto crítico para cualquier estudio trófico es la determinación del tamaño mínimo de muestra, dado que el esfuerzo muestral puede resultar exagerado e innecesario, o como ocurre con mayor frecuencia ser insuficiente (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Para resolver esta problemática y determinar el tamaño mínimo de muestra se emplea de manera común las metodologías de curva de acumulación de especies (Zubieta-Rojas, 1985; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013). Las cuales a pesar de ser empleadas en inventarios biológicos y estar diseñadas para riqueza específica (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), han demostrado ser útiles (Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

Para obtener las muestras biológicas de la comunidad íctica necesarias para el análisis se emplean los métodos de recolecta clásicos: redes, atarrayas, electro pesca, trampas, redes de enmalle o agalleras, inclusive se puede utilizar la pesca deportiva (Zubieta-Rojas, 1985; Navarrete *et al.*, 1993; Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo, 1996; Navarrete *et al.*, 2009; Torres-Rojas, 2011; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

Fases o etapas, una vez obtenidos los organismos

Fase cualitativa

Consiste en la identificación de los taxa que componen el contenido estomacal de la especie de estudio a partir de preparaciones del contenido estomacal revisadas al microscopio estereoscópico o lupa (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Zubieta-Rojas, 1985; Cortés, 1997).

El nivel taxonómico depende de la necesidad del investigador y es definido por el mismo en función del análisis, de esta forma la identidad de las especies puede realizarse a nivel específico, a nivel de grupos (ejemplo familia o genero) o incluso a nivel de gremio. Si se opta por este último criterio se consideran en la misma categoría a los organismos que se alimentan de un recurso similar (como los herbívoros) dado que se espera que el nivel trófico de estos grupos sea igual y por tanto el aporte a la dieta

✉ **Autor de correspondencia:** Mar Silva V. Posgrado Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Acuática. Facultad de Biología, UMSNH. Av. Francisco J. Múgica s/n Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, 58030 México. email: maresilva@live.com

del consumidor, en términos de enriquecimiento energético sea equiparable.

Se emplean claves adecuadas al tipo de organismo para realizar la identificación taxonómica, y se elige la más idónea de acuerdo al estudio. Debido a la gran cantidad de casos particulares se recomienda para una mejor orientación revisar la literatura citada.

Fase cuantitativa

Para la cuantificación de los componentes del contenido estomacal se han adaptado y desarrollado una gran cantidad de técnicas, desde el uso del porcentaje de contribución de los artículos alimenticios (Hynes, 1950), pasando por el empleo de índices ecológicos (Hyslop, 1980; Cortés, 1997; Moreno, 2001) hasta el desarrollo de métodos gráficos (Amundsen, *et al.*, 1996). En las diferentes investigaciones de campo y las revisiones se pueden identificar dos parámetros de gran importancia en la cuantificación de la dieta: la frecuencia de ocurrencia (FO) y la abundancia relativa de la presa (Hyslop, 1980; Cortés, 1997).

Hay un consenso en trabajos realizados en embalses (Zubieta-Rojas, 1985; Navarrete *et al.*, 1993; Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo, 1996; Navarrete *et al.*, 2009; Torres-Rojas, 2011; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013) sobre la determinación de la FO y se expresa la frecuencia de la aparición de un tipo de componente alimenticio con respecto a todos los tubos digestivos analizados, en porcentaje, según lo propuesto por Stark y Schoroer (1970). De acuerdo a lo siguiente:

$$FO = (n/N) (100)$$

Donde n representa el número de veces que aparece una presa o componente de la dieta y N el número total de los tractos o estómagos analizados.

Sin embargo, para la evaluación de la abundancia relativa de la presa no existe una línea metodológica única y suelen emplearse diversas técnicas (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Cortés, 1997; Vega-Cendejas, 1990). Esta diversidad en la utilización de los métodos radica en las particularidades de los objetos de estudio y de los hábitats en los que se les encuentra (Vega-Cendejas, 1990; Helfman, 2009; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013), así como el tamaño del pez en estudio y de las presas que ingiere (Torres-Rojas, 2011).

Líneas metodológicas empleadas de manera común

Método volumétrico directo

Presenta una gran utilidad y buena capacidad de inferencia, es altamente recomendable cuando los componentes de la dieta son de tamaño medio o grande (Aprox. mayores a 5 mm). Según lo expresado por Hynes (1950) y Hyslop (1980), se puede obtener mediante algún tipo de instrumento volumétrico con graduación y se realiza para cada uno de los componentes de la dieta. Sin embargo, cuando los artículos analizados son muy pequeños, como algas o zooplancton dulceacuícolas, puede ser difícil encontrar un instrumento con la graduación adecuada y es preferible utilizar algún otro método (Hyslop, 1980; Vega-Cendejas, 1990).

Método volumétrico indirecto

Cuando no es viable realizar la opción anterior, por ejemplo cuando el organismo se alimenta de presas pequeñas, una alternativa es un método volumétrico indirecto (Hyslop, 1980; Vega-Cendejas, 1990; Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008). El cual consiste en estimar el volumen medio que ocupa una presa o artículo alimenticio de acuerdo a la forma que tiene y compararlo con un volumen conocido (Hyslop, 1980). Se necesita estimar también cual es el volumen total del tracto digestivo o estomago a analizar. Entre la aplicaciones que presenta esta la de estimar cambios temporales en los hábitos alimenticios de las especies. (Hyslop, 1980).

Sin embargo, este método es una técnica visual que puede fácilmente caer en la subjetividad y por tanto subestimar o sobrestimar algunos componentes. Este problema puede ser solucionado si se emplea la modificación de Canto-Maza y Vega-Cendejas (2008), donde se propone la utilización del área en lugar del volumen. De esta forma se estima el área que ocupa un artículo alimenticio dentro de un área conocida, generalmente una cuadrícula milimétrica.

Método gravimétrico

Cuando el planteamiento del proyecto está enfocado a estimar el impacto de una especie sobre su medio y la investigación se centra en la especie como parte funcional de la trama trófica, el método gravimétrico es adecuado (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Zubieta-Rojas, 1985; Bowen, 1996; Cortés, 1997). Consiste en separar cada uno de los componentes de la dieta y obtener el peso de cada uno (Hyslop, 1980). Se puede realizar la estimación de peso seco o húmedo, de manera más usual se emplea el peso seco (Hyslop, 1980; Bowen, 1996). A pesar de que el uso de peso seco demanda un mayor gasto de tiempo, es utilizado en estudios de contenido calórico (Hyslop, 1980).

Esta línea metodológica a pesar de ser muy útil, tiene desventajas: La separación de los artículos alimenticios no siempre es posible, se dificulta por el tamaño de los organismos o la degradación por el proceso digestivo. Se necesitan balanzas y aparatos de medición de sensibilidad adecuada para el análisis cuyo empleo necesita mayor tiempo.

Conteo numérico

Una forma de obtener la abundancia relativa de la presa es estimando el número de organismos por artículo alimenticio (Hyslop, 1980; Bowen, 1996), sin embargo, esta técnica presenta dificultades para aplicarse en especies omnívoras que ingieran detritus (Hyslop, 1980; Canto-Maza y Vega Cendejas, 2008) y tampoco es aplicable a especies que presenten sistemas dentarios que trituren el alimento. Es particularmente adecuada para carnívoros y zooplanctófagos (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Vital-Rodríguez, 2011)

Índice compuesto

Debido a que los métodos anteriores pueden presentar sesgos y sobrestimar o subestimar la abundancia de los componentes de la dieta, se propuso el empleo de mediciones combinadas de los mismos (Hyslop, 1980) que se conocen como "Índice de Importancia Relativa" (IIR) y contienen el porcentaje del conteo

numérico de las presas, el índice volumétrico en porcentaje y la frecuencia de ocurrencia porcentual (Pinkas *et al.*, 1971):

$$\text{IIR} = (\%N + \%V) \times \%F.O.$$

Sin embargo, la fórmula anterior no puede ser empleada cuando no es posible el empleo de mediciones volumétricas. Para algunos peces que consumen presas muy pequeñas o una gran cantidad de materia orgánica se propone el uso del área y no el volumen en la cuantificación de la dieta (Vega-Cendejas, 1990; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013). Y por lo tanto, se puede emplear la fórmula de Índice de Importancia Relativa (Cortés, 1997):

$$\text{IIR} = (\%F.O. \times \%A) / 100$$

Donde F.O. corresponde a la frecuencia de ocurrencia y A al porcentaje de área para cada presa.

Las mediciones anteriores permiten inferir la importancia de los taxa del contenido estomacal en la dieta de la especie en estudio, y de esta forma determinar presas importantes y poco frecuentes/accidentales (Hyslop, 1980)

Amplitud de dieta

La estimación de la amplitud de dieta está estrechamente relacionada con la determinación del nicho trófico de una especie (Torres-Rojas, 2011). Por lo tanto se pueden emplear índices de nicho para la amplitud de dieta (Krebs, 1989; Torres-Rojas, 2011).

Amplitud de Levin.

Este índice es uno de los que se utilizan más frecuentemente, de una forma rápida y relativamente fácil de interpretar indica si la especie es generalista o especialista en el uso de los recursos. Este método nos permite inferir que tan amplia es la dieta de un organismo, tomando en cuenta la proporción de cada presa y como se distribuyen para el total:

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

Donde la amplitud de nicho de Levin (B) es el inverso de la sumatoria del cuadrado de las proporciones de los componentes de la dieta (p_j).

De esta forma se obtiene un índice que puede ser difícil de interpretar, pues de manera similar con otros índices, el valor obtenido es poco informativo de manera particular. Para una lectura más sencilla del índice se utiliza la amplitud de nicho de Levin estandarizada y el resultado se expresa de 0 a 1, donde 0 es una dieta poco amplia y 1 es una dieta muy amplia (Krebs, 1989):

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

B = Amplitud de nicho de Levin

n = Número de posibles presas.

Otro posible índice ecológico con aplicación para la amplitud de nicho es la medición de Shanon-Wiener (Krebs, 1989). Si bien es muy discutido el valor explicativo de esta medición, debido a la complejidad de su interpretación y los supuestos en que está fundamentado (Krebs, 1989), pondera aquellas especies menos frecuentes y puede resultar complementario con el índice de Levin, que suele asignar mayor importancia a las especies más abundantes (Krebs, 1989). El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$H' = - \sum p_j \log p_j$$

Donde H' = Índice de Shannon-Wiener.

p_j = Abundancia relativa de las presas que componen la dieta de la especie j .

La mayor problemática del uso de este índice radica en la utilización de la abundancia relativa de la presa, pues se necesita que se exprese en número de individuos y en análisis de contenido estomacal usualmente la abundancia relativa se obtiene en porcentajes con respecto del total.

Hasta aquí se han considerado dos mediciones de amplitud de dieta basadas solo en la proporción de las presas en la dieta del consumidor, pero, con la finalidad de explicar de una manera más completa las complejas interacciones del medio acuático se puede emplear una medida que considere la abundancia de la presa en el medio ambiente como:

Medición del nicho de Smith (Krebs, 1989)

Para realizar esta estimación se considera la abundancia medioambiental de las presas:

$$FT = \sum (\sqrt{p_j a_j})$$

Donde FT = Medida de nicho de Smith, p es la proporción de los componentes de la dieta y a es la abundancia medioambiental del componente.

Nivel trófico

A pesar de que en la mayor parte de los trabajos el concepto de nivel trófico es similar (Hyslop, 1980; Cortés, 1997; Torres-Rojas 2011) la determinación del mismo es diferente. Para resolver ese conflicto se utiliza la fórmula desarrollada por Pauly *et al.*, (2000). Los resultados se obtienen como un valor TROPH, que permite asignar el nivel trófico en el que se ubica la especie. 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 estimará con la siguiente ecuación.

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

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 resultado de esta ecuación se expresa como un nivel trófico o posición específica, entre 1 y 5. Regularmente el valor 5 que corresponde al nivel más alto solo se presenta en depredadores tope y en un cuerpo de agua dulce acuática raramente se encuentran más de cuatro niveles.

La mayor dificultad a la que se debe enfrentar un análisis de posición trófica en un sistema acuático, es la incertidumbre para ubicar los niveles tróficos basales, pues si bien no todos los organismos planctónicos son autótrofos, algunos de ellos se comportan como heterótrofos facultativos y participan de niveles superiores de la trama trófica. Este fenómeno dificulta la precisión para determinar niveles tróficos, pero es una manifestación del carácter dinámico de los sistemas naturales.

Conclusiones

Debido a que existe una gran diversidad de índices y metodologías bien establecidas para el análisis de contenidos estomacales, que obedecen supuestos y se ajustan a características propias, la mejor línea metodológica a seguir será aquella que mejor responda al componente biológico en estudio.

Las fases cuantitativa y cualitativa son fundamentales en cualquier análisis de contenido estomacal en peces. E independientemente de la metodología empleada, los dos atributos que debe incluir cualquier trabajo son la Frecuencia de Ocurrencia y la Abundancia (Volumen, peso o área) de la presa.

De manera particular, para el análisis cuantitativo del contenido estomacal de la ictiofauna lacustre de la Mesa Central se propone la utilización del método volumétrico indirecto modificado (Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008). Se recomienda seguir la línea metodológica de Vital-Rodríguez (2011) y Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013 pues en estos trabajos se consideraron las características locales de los cuerpos acuáticos de la región.

Referencias

Amundsen PA, Gabler HM and Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello method. *Journal of Fish Biology* 48:607–614.

Bowen SH. 1996. Quantitative description of the diet. In Murphy BR and Willis DW (eds.), *Fisheries techniques*. 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. Pages 513–522

Canto-Maza WG y Vega-Cendejas ME. 2008. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* 56 (4): 1837-1846.

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.

Helfman G, Collette BB, Facey DE y Bowen BW. 2009. *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons. 737 pp.

Hynes HBN. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology* 19: 36-58.

Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4): 411-429.

Jiménez-Valverde A y Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.

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

Langler KF. 1956. *Freshwater Fishery Biology, Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown*. 421 pp.

Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Navarrete N, Sánchez R, Rojas M. 1993. Selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani* (Atheriniformes: Atherinidae). *Revista de Biología Tropical* 44(2): 757-761.

Navarrete N, Jacobo D, Aguilar C. 2009. Alimentación de *Menidia jordani* en el embalse La Goleta, Estado de México. *Revista de Zoología*. No. 20: 1-6.

Pauly D, Froese R, Sala P, Palomares ML, Christensen V and Rius J. 2000. *TrophLab Manual*. ICLARM, Manila. [en línea] <<http://www.fisheries.ubc.ca/archive/members/dpaully/software.php>>

Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. *Fish Bulletin* 152. Food habits of albacore, Bluefin tuna, and bonito in California waters

Ramírez-Herrejón JP, Castañeda-Sam LS, Moncayo-Estrada R, Caraveo-Patiño J, Balart EF. 2013 Trophic ecology of the exotic Lerma livebearer *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the Lago de Pátzcuaro, Central Mexico. *Revista de Biología Tropical* 61(3): 1289-1300

Torres-Rojas YE. 2011. *Nicho trófico de pelágicos mayores capturados en la boca del Golfo de California*. Tesis doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz Baja California Sur, México, 185 pp.

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

Vega-Cendejas ME. 1990. Interacción trófica entre los bagres *Arius melanopus* (Agassiz, 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1766) en las costas de Celestún, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 15 (1): 185-194

Vital-Rodríguez BE. 2011. *Hábitos alimentarios del genero Chirostoma del lago de Pátzcuaro Michoacán México*. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, México. 108 pp.

Zubieta RT. 1985. *Estudio Sobre los Hábitos Alimenticios de Seis Especies de Peces del Lago de Cuitzeo, Mich.* Tesis Profesional. Universidad Michoacana México. 55 pp.