



Ribera del río Usumacinta. Fotografía: M. Soria-Barreto

## Los isótopos estables: herramienta útil para la conservación de los peces y los ambientes dulceacuícolas

Miriam Soria-Barreto

El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas

### Resumen

La conservación de los peces dulceacuícolas y su hábitat es una tarea necesaria y urgente ante el actual deterioro ambiental y la acelerada pérdida de especies. La información generada por los estudios ecológicos basados en el uso de isótopos estables constituye una herramienta muy útil para la conservación porque permite entender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos e identificar las fuentes que mantienen a los peces a través de las cadenas tróficas. Los estudios realizados en la cuenca Grijalva-Usumacinta, destacada por su diversidad íctica y acuática, indican que los peces dependen de recursos externos al ambiente acuático (alóctonos) como la vegetación riparia, así como de recursos internos (autóctonos) como las plantas acuáticas, el perifiton y el fitoplancton. De este modo, la conservación de peces con importancia pesquera o bajo alguna categoría de protección, independientemente de su tipo de alimentación, depende del desarrollo y conservación de estos recursos.

### Palabras clave:

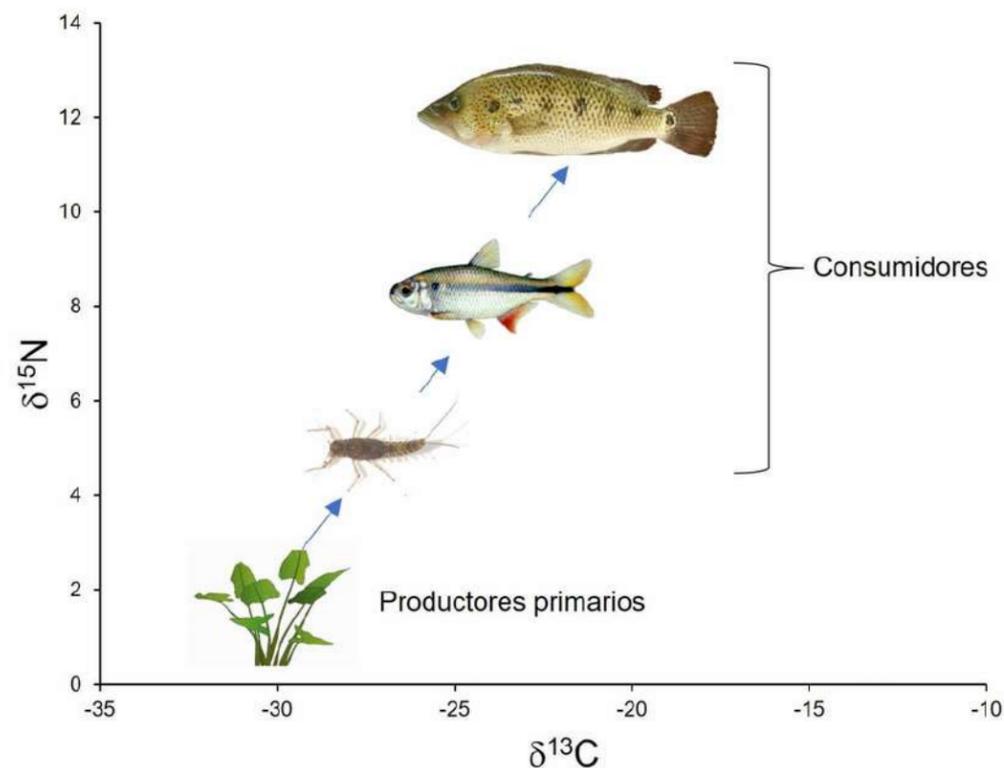
Chiapas, ictiología, sinecología, vegetación acuática y riparia

Los ecosistemas dulceacuícolas como los arroyos, ríos, lagos y humedales, tienen una escasa extensión a nivel mundial; a pesar de ello, brindan importantes bienes y servicios a la humanidad y ofrecen diversos hábitats para el establecimiento de una gran diversidad biológica (Dudgeon *et al.* 2006). Los peces son el grupo de vertebrados más abundante en el agua dulce; se han registrado cerca de 18,000 especies, cifra que corresponde a más de la mitad de las especies de peces conocidas (Fricke *et al.* 2021). No obstante, estos ecosistemas están sujetos a alteraciones antropogénicas fuertes y continuas como la contaminación, la pérdida y la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación pesquera, la introducción de especies exóticas y recientemente el efecto del cambio climático (Allan y Flecker 2010). Esto afecta a la diversidad íctica de manera directa e indirecta. En el mundo, se han extinguido 80 especies de peces dulceacuícolas y cerca de 3000 se encuentran en alguna categoría de amenaza en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Hughes 2021).

La modificación y el deterioro de los ecosistemas dulceacuícolas en México ha tenido consecuencias adversas en la distribución, abundancia y diversidad de los peces, siendo más vulnerables las especies endémicas, es decir aquellas que tienen distribución restringida. En la Lista Roja existen 165 especies de México que se encuentran en alguna categoría de amenaza (en peligro crítico, en peligro de extinción y vulnerables), ocho ya no se encuentran en la naturaleza, sólo en cautiverio y 12 se extinguieron (Lyons *et al.* 2020). A nivel nacional se han desarrollado esfuerzos para la conservación de los ecosistemas acuáticos y de la fauna íctica, como la creación y el manejo de áreas naturales protegidas (CONANP 2018), la incorporación de las especies en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2019) y el establecimiento de la regulación pesquera (SEMARNAT 2000) entre otros. Sin embargo, es necesario contar con información biológica y ecológica para la mayoría de las especies, junto con información de los ambientes acuáticos donde habitan que, en conjunto permita desarrollar estrategias y medidas apropiadas para su conservación.

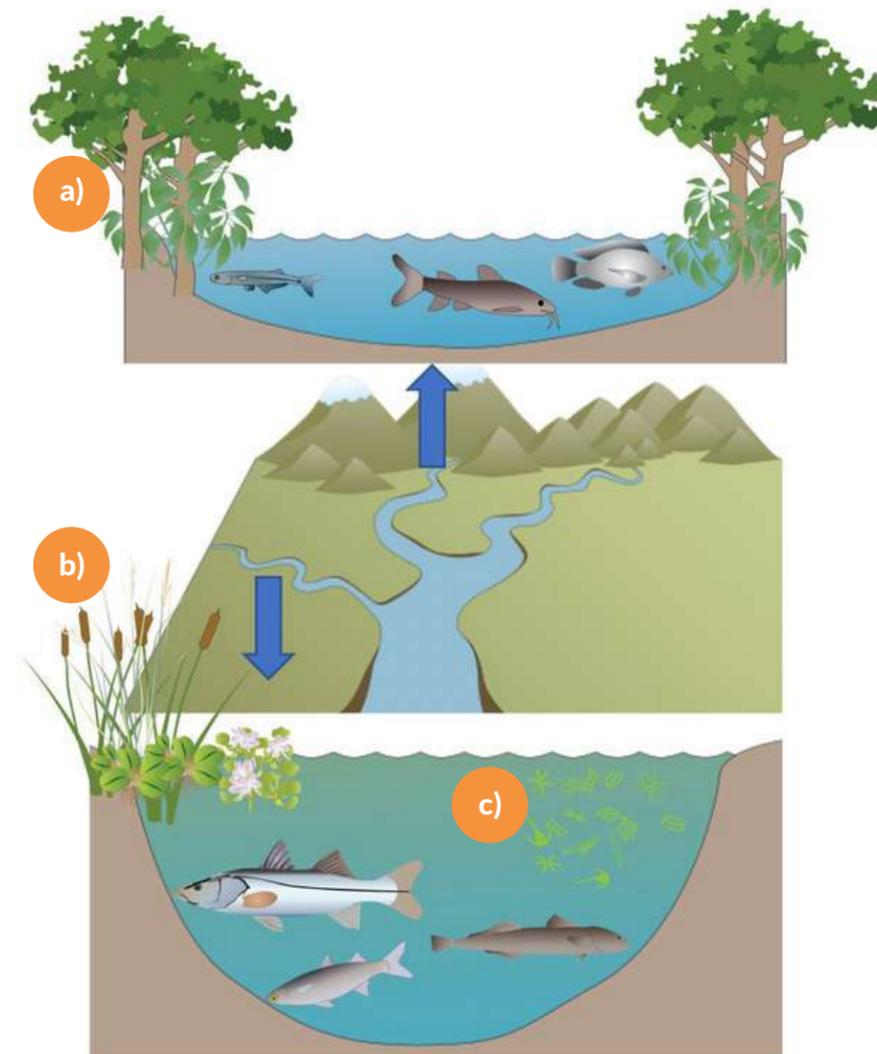
Actualmente, el uso de los isótopos estables constituye una herramienta muy útil para generar información relacionada con el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, pues permite evaluar la dinámica y el flujo de los nutrientes y la energía para el mantenimiento de las especies a través de las cadenas tróficas (Fry 2006). Los isótopos son las formas de los elementos químicos (por ejemplo, el carbono, nitrógeno, azufre e hidrógeno) que difieren en el número de neutrones en el núcleo; están presentes en la naturaleza y en los seres vivos, forman parte del ciclo biogeoquímico de los elementos y son denominados isótopos estables porque no se transforman en otros (Peterson y Fry 1987). Los isótopos son asimilados mediante procesos biológicos como la fotosíntesis y la alimentación, y se incorporan en el tejido de los organismos. Para su determinación, se obtienen muestras biológicas de los productores primarios y consumidores en el medio acuático, por ejemplo, fitoplancton, hojas de plantas acuáticas, músculo o el cuerpo completo de peces o invertebrados. Su contenido se cuantifica con el uso del espectrómetro de masas en un laboratorio especializado (Fry 2006). Su análisis puede realizarse con descripciones gráficas, modelos lineales, descriptores del nicho y modelos bayesianos de mezcla (Layman *et al.* 2012).

En los estudios ecológicos se utilizan generalmente los isótopos de carbono y nitrógeno (Figura 1). El isótopo de carbono ( $^{13}\text{C}$ ) sirve para determinar la fuente de carbono que mantiene la biomasa de los consumidores (Peterson y Fry 1987). Mediante el análisis de isótopos es posible rastrear la señal (el valor) de carbono que es asimilado por los productores primarios a partir de la atmósfera o el agua, y que pasa a través de la red trófica hasta llegar a los peces (Pingram *et al.* 2012). Su uso permite complementar la información generada del análisis tradicional de la dieta en peces, el cual se basa en la revisión e identificación del contenido estomacal al menor nivel taxonómico posible (Garvey y Chipps 2012). En cambio, el isótopo de nitrógeno ( $^{15}\text{N}$ ) permite estimar la posición trófica de los consumidores en el ecosistema. Como resultado de la incorporación de proteínas, el valor del nitrógeno ( $^{15}\text{N}$ ) se incrementa en una fracción de 2.5‰ en cada nivel trófico, mientras que el carbono ( $^{13}\text{C}$ ) cambia muy poco desde los productores hasta los consumidores (0.4‰) (Peterson y Fry 1987).



**Figura 1.** Relación entre la composición del isótopo de carbono ( $^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $^{15}\text{N}$ ) a lo largo de una cadena trófica en sistemas dulceacuícolas.

En la cuenca Grijalva-Usumacinta se han realizado estudios de las redes tróficas basados en el uso de isótopos estables (Figura 2). Esta cuenca se ubica en el sureste de México y constituye una región importante por su abundancia en los recursos hídricos, y por su biodiversidad con importancia biológica, ecológica y pesquera. Ambos ríos nacen en Guatemala y cruzan el territorio mexicano en la zona montañosa de Chiapas y la planicie costera de Tabasco y una pequeña porción de Campeche y desembocan juntos en el Golfo de México (Yáñez-Arancibia *et al.* 2009).



**Figura 2.** Ilustración de los recursos basales que mantienen a las comunidades de peces en la cuenca Grijalva-Usumacinta. a) Vegetación riparia en los tributarios de la parte alta de la cuenca, b) vegetación acuática y c) fitoplancton en los tributarios de la parte media y baja. (Imágenes obtenidas de [ian.umces.edu/imagelibrary](http://ian.umces.edu/imagelibrary))

Estos ecosistemas albergan una alta diversidad íctica conformada por especies dulceacuícolas que pasan toda su vida en agua dulce, especies estuarinas que toleran cambios en las concentraciones de salinidad y especies marinas, las cuales ingresan en la parte baja cercana a su desembocadura. La ictiofauna del río Grijalva está integrada por 92 especies (Gómez-González *et al.* 2015) y la del río Usumacinta por 172 especies (Soria-Barreto *et al.* 2018), destacando por su riqueza de especies los pecílidos y los cíclidos.

De acuerdo con los estudios realizados, los peces de la cuenca Grijalva-Usumacinta utilizan diferentes fuentes de carbono. Son asimilados los recursos externos al sistema acuático (alóctonos), como la vegetación riparia, y también los recursos que se desarrollan dentro del ecosistema acuático (autóctonos), como la vegetación acuática, el fitoplancton, las algas bénticas y el perifiton (una mezcla de bacterias, algas y detritus que crece sobre las superficies sumergidas; Pease *et al.* 2019; Soria-Barreto *et al.* 2021). Esta variación en el uso y asimilación de los recursos basales es resultado de la heterogeneidad de la cuenca, sus características topográficas y orográficas, el tipo de vegetación y los diversos cuerpos de agua, así como por las variaciones ambientales producidas por las temporadas climáticas de estiaje y lluvias y el ingreso de agua marina al sistema (Yáñez-Arancibia *et al.* 2009).

La información generada por estos estudios es muy útil para la conservación y el entendimiento del funcionamiento de la cuenca. Por ejemplo, los peces que habitan en los arroyos y ríos tributarios del río Usumacinta tienen a la vegetación ribereña como principal fuente de carbono (Pease *et al.* 2019). Esto significa que las especies que habitan estos cuerpos de agua, sin importar su tipo de alimentación, dependen de la presencia y conservación de la vegetación riparia. Tal es el caso de algunos peces de importancia pesquera como la carpa *Ctenopharyngodon idella* (herbívora) y la mojarra *Vieja melanurus* (zoobentívora), y de algunas especies en categoría de protección especial por la NOM-059 como la mojarra *Chuco intermedium* (zoobentívora) o el juil *Rhamdia guatemalensis* (zoobentívora). En cambio, la ictiofauna que habita en los ríos tributarios en la parte media y baja de la cuenca del Usumacinta tiene como principal fuente de carbono al perifiton y el fitoplancton durante el estiaje, y las plantas acuáticas durante las lluvias (Soria-Barreto *et al.* 2021). De este modo, las especies que habitan estos ríos, como el pejelagarto *Atractosteus tropicus* o el robalo blanco *Centropomus undecimalis* (ambos piscívoros), dependen del desarrollo y establecimiento de estos recursos acuáticos.

La diversidad de peces depende de la conservación de las condiciones naturales en la cuenca para el adecuado funcionamiento del ecosistema. Sin embargo, esta información debe complementarse con evaluaciones ambientales, estimaciones del tamaño y dinámica poblacional de especies amenazadas, e información de las interacciones con especies invasoras para tener un panorama más amplio y sustentado para un adecuado plan de conservación.

### Literatura citada

- Allan JD, Flecker AS. 2010. Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43:32–43.
- CONANP. 2018. *100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México*. Ciudad de México: SEMARNAT-CONANP.
- Dudgeon D *et al.* 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81:163–182. DOI 10.1017/S1464793105006950.
- Fricke R, Eschmeyer WN, Van Der Laan R. 2021. *Eschmeyer's Catalog of Fishes: genera, species, references*. Disponible en: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Fry B. 2006. *Stable Isotope Ecology*. Baton Rouge: Springer.
- Garvey JE, Chipps SR. 2012. Chapter 16 Diets and Energy Flow. Pp. 733-780 en Zale AV, Parrish DL, Sutton ET (eds.), *Fisheries Techniques* (3a ed). Bethesda: American Fisheries Society.
- Gómez-González AE *et al.* 2015. Fishes of the Grijalva River Basin of Mexico and Guatemala. *Check List*, 11,1–11. DOI 10.15560/11.1726.
- Hughes K. 2021. *The World's Forgotten Fishes*. Gland: World Wildlife Fund.
- Layman, CA *et al.* 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews*, 87:545–562. DOI 10.1111/j.1469-185X.2011.00208.x
- Lyons TJ *et al.* 2020. *The status and distribution of freshwater fishes in Mexico*. Cambridge: IUCN, ABQ BioPark. 80 pp.
- Pease AA *et al.* 2019. Trophic structure of fish assemblages varies across a Mesoamerican river network with contrasting climate and flow conditions. *Food Webs*, 18:e00113. DOI 10.1016/j.fooweb.2019.e00113

## Literatura citada

- Peterson BJ, Fry B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18:293–320. DOI 10.1146/annurev.es.18.110187.001453.
- Pingram MA *et al.* 2012. Carbon sources supporting large river food webs: A review of ecological theories and evidence from stable isotopes. *Freshwater Reviews*, 5:85–103. DOI 10.1608/FRJ-5.2.476
- SEMARNAT. 2000. Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, 358.
- SEMARNAT. 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión. *Diario Oficial de la Federación*, 32–136.
- Soria-Barreto M *et al.* 2018. Diversidad íctica en la cuenca del Usumacinta, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89:S100–S117. DOI 10.22201/ib.20078706e.2018.4.2462.
- Soria-Barreto M *et al.* 2021. Seasonal variation in basal resources supporting fish biomass in longitudinal zones of the Usumacinta River Basin, southern Mexico. *Marine and Freshwater Research*, 72:353–364. DOI 10.1071/MF19341.
- Yáñez-Arancibia A, Day JW, Currie-Alder B. 2009. Functioning of the Grijalva-Usumacinta River delta, Mexico: Challenges for coastal management. *Ocean Yearbook*, 23:479–507.

## ¿Quién escribe?



✉ [mmsoriab@gmail.com](mailto:mmsoriab@gmail.com)

**Miriam Soria-Barreto** es bióloga y maestra en ciencias con especialidad en ecología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Profesora de la carrera de Biólogo e Ingeniero en Sistemas Ambientales del IPN. Profesora-investigadora de la Universidad Autónoma de Nayarit. Catedrática CONACYT durante 2015-2018. Desarrolló una estancia posdoctoral en la Universidad Autónoma del Carmen. Actualmente colabora en el proyecto de investigación “Metabolismo del Ecosistema en Ríos Tropicales” en ECOSUR. Ha publicado 29 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales y 11 capítulos de libros. Su línea de investigación son la ecología y dinámica de los ecosistemas acuáticos con énfasis en el estudio de la ecología y biología de peces y la dinámica trófica con el uso de isótopos estables. Estudia aspectos de taxonomía, morfometría, ecomorfología, análisis del hábitat y redes tróficas.



[Regresar al índice](#)