

Estudio isotópico de la dieta de *Sphyrna lewini*

Clara Téllez

17 de junio de 2020

Resumen

El conocimiento de la ontogenia de las especies aporta información acerca de los nichos tróficos y el rol ecológico dentro de los ecosistemas. En este trabajo se estudió la ontogenia del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) mediante el estudio de los isótopos de carbono y nitrógeno de 16 especímenes, de los que se extrajo el colágeno vertebral obteniendo 101 muestras. Los datos obtenidos se procesaron con el programa R. El isótopo de carbono muestra un rango amplio, sugiriendo que la especie se mueve en redes costeras y en redes oceánicas. El isótopo de nitrógeno evidencia la transferencia materna y el consumo de presas en su mayoría hervíboras en los primeros años de vida.

Palabras clave: Tiburón martillo, Ontogenia, Carbono, Nitrógeno, Vertebras

1. Introducción

Los tiburones son unos de los principales depredadores de los océanos y por lo tanto desempeñan un papel esencial dentro de la red trófica, son ellos, quienes se encargan de mantener el equilibrio, alimentándose de las especies más abundantes o de especies invasoras y favoreciendo la diversidad de las mismas. Adicionalmente, de forma indirecta mantienen los arrecifes de coral [1]. *Sphyrna lewini* es una especie de tiburón martillo que habita en los mares tropicales y se encuentra tanto en aguas costeras como oceánicas [2]. La unión de la conservación de la naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) considera al tiburón martillo como una especie críticamente amenazada debido a la disminución progresiva de sus poblaciones [3].

Estudiar a detalle las diferentes características de las especies es vital para establecer planes de manejo y conservación. El estudio de los cambios ontogenéticos proporciona información acerca del uso de nichos y del funcionamiento de los ecosistemas [4], sin embargo, la naturaleza migratoria y la inaccesibilidad del hábitat de los tiburones representan grandes dificultades para el estudio de estos cambios en la ecología trófica del tiburón martillo [5]. Para establecer una verdadera red trófica es necesario entender las conexiones entre los organismos de la red y sus fuentes de alimento, así como calificar y cuantificar los intercambios de energía y biomasa [6, 7]. Los isótopos estables son una gran herramienta para el estudio, a profundidad, de las redes tróficas, estos pueden permanecer sin combinarse con otros elementos, por lo que son muy útiles para el estudio de aspectos ecológicos, entre

ellos, la dieta [8]. El análisis de isótopos estables se realiza a partir de la composición isotópica de un tejido, que refleja la presa asimilada y el ambiente de la misma y que permanece por largos períodos de tiempo [9]. Las vertebras, en particular, reflejan los cambios en la dieta de un organismo durante su vida [10].

Este estudio pretende analizar las interacciones tróficas de *S. lewini* a lo largo de su ontogenia alimentaria a través del estudio de isótopos estables obtenidos de las vertebras de diferentes individuos de la especie. Los datos obtenidos fueron explorados y analizados mediante gráficos de dispersión, histogramas y gráficos de violín. El tratamiento estadístico se realizó con un análisis de varianza, los resultados obtenidos son analizados en la sección de resultados y discusión.

2. Metodología

Se obtuvieron datos de isótopos de carbono y de nitrógeno de 16 individuos de *S. lewini*. Los análisis de isótopos estables se realizaron a partir de las vertebras de tiburones provenientes de la pesca ilegal, que fueron confiscados en los alrededores del Santuario de flora y fauna Malpelo, en Colombia. Las vertebras fueron recolectadas de la parte dorso-anterior de cada espécimen, entre la cabeza y la primera aleta dorsal. Las vertebras fueron preparadas adecuadamente para la extracción de las muestras. En total, se procesaron 101 muestras, que fueron analizadas para obtener los datos isotópicos y la edad correspondiente. La edad de los tiburones fue estimada a partir de las vertebras de acuerdo a la función de crecimiento de von Bertalanffy [11]. Debido a que los individuos eran provenientes de la pesca ilegal no fue posible establecer el sexo de todos los especímenes, por lo que se calculó la edad para hembra y macho del mismo individuo y se promedió.

Los datos obtenidos de los tiburones se clasificaron en seis grupos según el rango de edad, como se muestra en el cuadro 1. En primer lugar se realizó una exploración de los datos mediante diagramas

Cuadro 1: Grupos por rango de edad

Edad	Rango de edad
Uno	0 – 0.9
Dos	1 – 1.9
Tres	2 – 2.9
Cuatro	3 – 3.9
Cinco	4 – 4.9
Seis	5 – 5.9

de dispersión, histogramas y digramas de cajas y violines. para el análisis estadístico se hizo la prueba ANOVA. El tratamiento estadístico y los gráficos se elaboraron con el programa R en su versión 3.6.2 [12], la implementación se puede acceder en el repositorio de GitHub

3. Resultados y discusión

En la figura 1 se representan los tiburones estudiados en su posición trófica de acuerdo a los isótopos de nitrógeno y carbono.

En la figura 2 se pueden ver los histogramas de frecuencia relativa nitrógeno (izquierda) y de carbono(derecha) para cada grupo de edad. Para la variable de nitrógeno se ve un aumento en la desviación estándar al aumentar la edad de los tiburones, mientras que para el carbono se ve una disminución en la desviación estándar conforme aumenta la edad de los tiburones y la media aumenta con el incremento de la edad.

Los diagramas de violín de las figuras 3 y 4 muestran el comportamiento de la media (rombo rojo), para el caso del nitrógeno se ve un ligero descenso con el aumento de la edad, la gráfica del carbono corrobora lo observado en la figura 2. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) se muestran en el cuadro 2, en el caso del nitrógeno no se encontraron diferencias significativas entre las edades, sin embargo, al realizar el análisis para el isótopo de carbono, se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 2: Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
Nitrógeno	1	2.22	2.217	1.105	0.296
Residuals	99	198.52	2.005		
Carbono	1	10.33	10.325	5.369	0.0226*
Residuals	99	190.41	1.923		

El estudio de la ontogenia a través de las vertebrae aporta información valiosa, en especial en especies altamente migratorias como *S. lewini*, ya que este tipo de estructuras integran el ciclo de vida del individuo [9, 13]. El estudio del isótopo de carbono permite determinar el área de alimentación (oceánica o costera), mientras que el isótopo de nitrógeno da luz acerca de las fuentes de alimentación desde bajos niveles tróficos (zooplantívoros) hasta altos niveles tróficos (piscívoros terciarios) [14].

Los valores obtenidos del isótopo de nitrógeno son relativamente bajos lo que indica una alimentación basada en presas hervíboras [15]. Los valores isotópicos de nitrógeno hallados en las vertebrae de los individuos del grupo de edad 1 pueden ser reflejo de transferencia de proteínas provenientes de la madre que se van diluyendo con el crecimiento de las crías [16], lo que concuerda con las observaciones realizadas. Los tiburones de este estudio son jóvenes, menores de seis años por lo que han vivido la mayor parte de sus vidas en áreas costeras y manglares, que son las áreas de crianza, pues ahí es donde encuentran una mayor disponibilidad de presas y de fácil acceso al momento de la caza [17, 18], a su vez este tipo de presas aportan bajos niveles de nitrógeno por encontrarse en bajos niveles de la red trófica [14]. Los valores obtenidos de los isótopos de carbono también son relativamente bajos, pero se encuentran en un rango amplio, lo que es congruente con los valores de nitrógeno pues ubica a la especie en áreas costeras y muestra un alejamiento lento de las áreas costeras a través de su ontogenia.

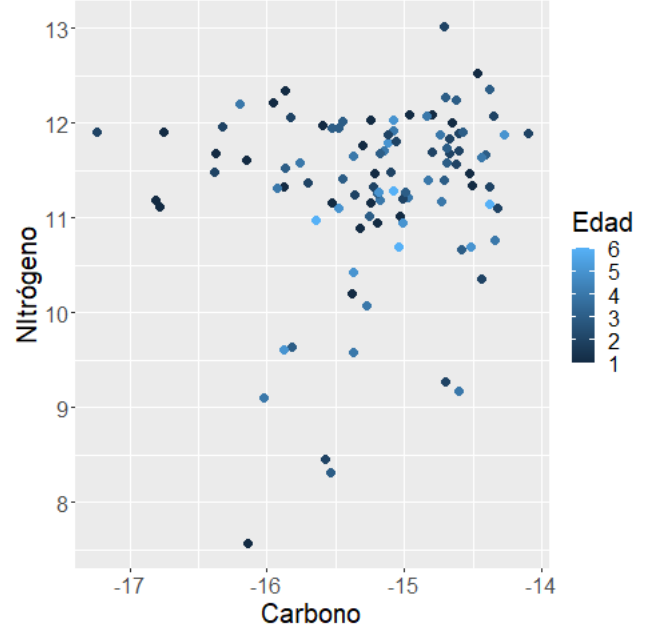


Figura 1: Posición isotópica de los tiburones

4. Conclusiones

La ontogenia de *S. lewini* muestra un alejamiento lento de las zonas de crianza (zonas costeras), a su vez evidencia la transferencia de proteínas maternas que se van diluyendo con el crecimiento y que seguramente aumentarán en la medida que escale dentro de la red trófica.

Agradecimientos

Agradezco a MsC. Colombo Estupiñan Montaña por compartir una parte de los datos obtenidos para el desarrollo de su tesis de doctorado para realizar este proyecto y a la Dra. Elisa Schaeffer por su guía en la realización de este proyecto.

Referencias

- [1] T. A. Clarke. The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pacific Science*, 25(2):133–144, 1971.
- [2] K. M. Duncan, A. P. Martin, Bowen B. W.,

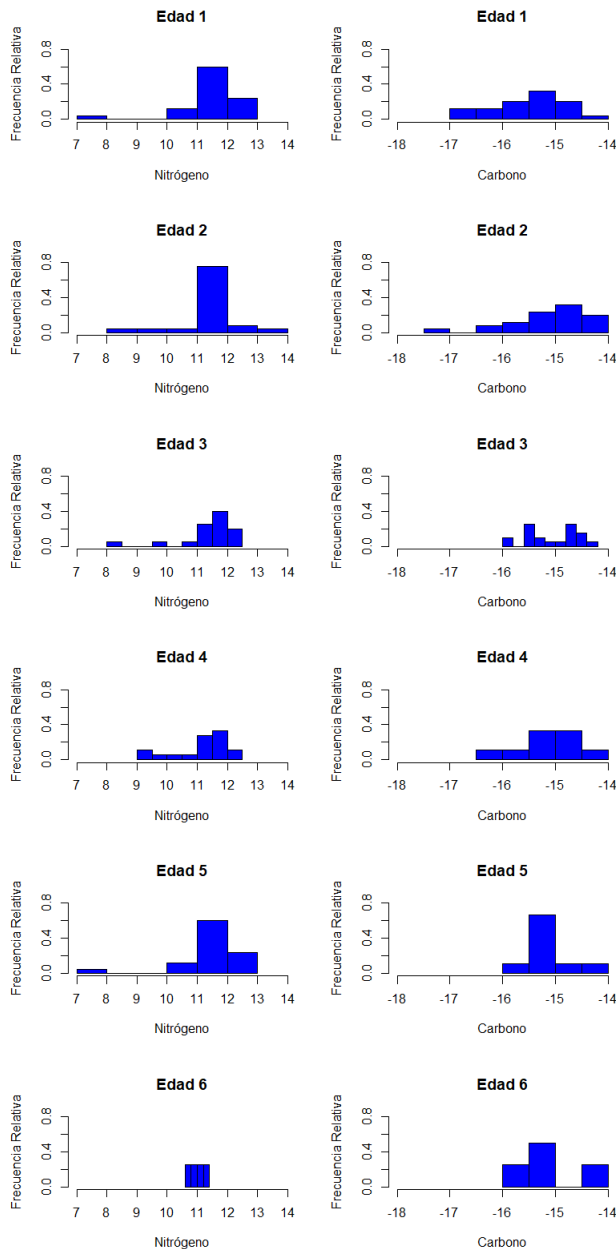


Figura 2: Histogramas de frecuencias relativas

- and H. G. de Couet. Global phylogeography of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *Molecular Ecology*, 15(8):2239–2251, 2006.
- [3] C. L. Rigby, N. K. Dulvy, R. Barreto, J. Carlson, D. Fernando, S. Fordham, M. P. Francis, K. Herman, R. W. Jabado, K. M. Liu, A. Marshall, E. Pacoureau, N. and Romanov, R. B. Sherley, and H. Winker. *Sphyrna lewini*. *The IUCN Red List of Threatened Species: e.T39385A2918526*, 2019.
- [4] S. D. Newsome, C. Martínez del Río, S. Bearhop, and D. L. Phillips. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(8):429–436, 2007.
- [5] E. L. Hazen, S. M. Maxwell, H. Bailey, S. J. Bograd, M. Hamann, P. Gaspar, B. J. Godley, and G. L. Shillinger. Ontogeny in marine tagging and tracking science: technologies and data gaps. *Marine Ecology Progress Series*, 457:221–240, 2012.
- [6] G. W. Kling, B. Fry, and W. J. O’Brien. Stable isotopes and planktonic trophic structure in arctic lakes. *Ecology*, 73(2):561–566, 1992.
- [7] M. J. Vander Zanden and J. B. Rasmussen. A trophic position model of pelagic food webs: Impact on contaminant bioaccumulation in lake Trout. *Ecological Monographs*, 66(4):451–477, 1996.
- [8] M. J. Vander Zanden and J. B. Rasmussen. Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: implications for aquatic food web studies. *Limnology and oceanography*, 46(8):2061–2066, 2001.
- [9] S. L. Kim, M. T. Tinker, J. A. Estes, and P. L. Koch. Ontogenetic and among-individual variation in foraging strategies of northeast Pacific white sharks based on stable isotope analysis. *PLoS One*, 7(9):e45068, 2012.
- [10] P. L. Koch. Isotopic study of the biology of modern and fossil vertebrates. *Stable isotopes in*

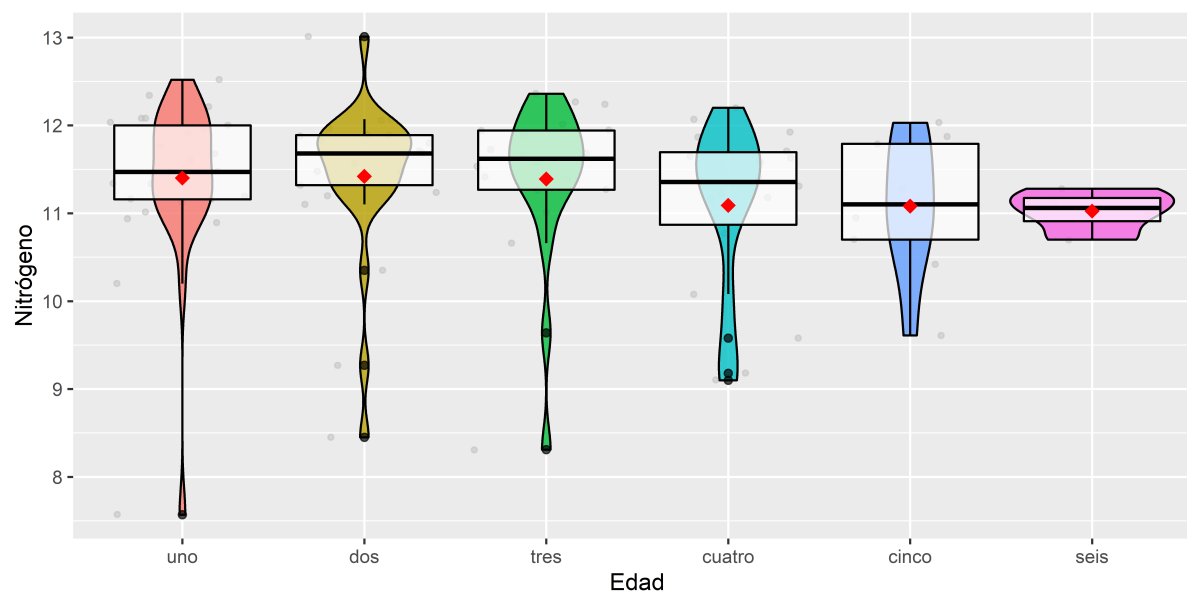


Figura 3: Diagrama de violín — Nitrógeno

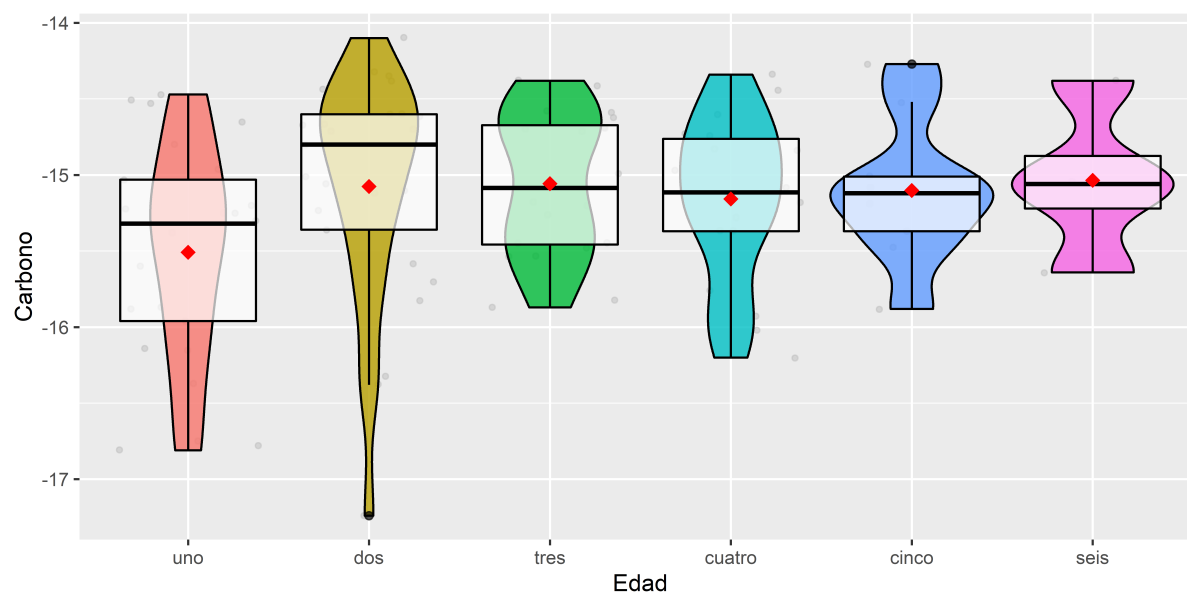


Figura 4: Diagrama de violín — Carbono

- ecology and environmental science*, 2:99–154, 2007.
- [11] V. Anislado-Tolentino, M. Gallardo-Cabello, F. Amezcua-Linares, and C. R. Mendoza. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) from the Southern coast of Sinaloa, México. *Hidrobiológica*, 18(1):31–40, 2008.
 - [12] RStudio Team. *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC., Boston, MA, 2020.
 - [13] J. A. Estrada, A. N. Rice, L. J. Natanson, and G. B. Skomal. Use of isotopic analysis of vertebrae in reconstructing ontogenetic feeding ecology in white sharks. *Ecology*, 87(4):829–834, 2006.
 - [14] N. E. Hussey, J. Brush, I. D. McCarthy, and A. T. Fisk. $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ diet–tissue discrimination factors for large sharks under semi-controlled conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 155(4):445–453, 2010.
 - [15] D. M. Sigman, M. A. Altabet, R. Michener, D. C. McCorkle, B. Fry, and R. M. Holmes. Natural abundance-level measurement of the nitrogen isotopic composition of oceanic nitrate: an adaptation of the ammonia diffusion method. *Marine Chemistry*, 57(3-4):227–242, 1997.
 - [16] C. Estupiñán-Montaña, L. Cedeño-Figueroa, J. F. Estupiñán-Ortiz, F. Galván-Magaña, A. Sandoval-Londoño, D. Castañeda-Suarez, and C. J. Polo-Silva. Feeding habits and trophic level of the smooth hammerhead shark, *Sphyrna zygaena* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), off Ecuador. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(3):673–680, 2019.
 - [17] I. A. Flores-Martínez, Y. E. Torres-Rojas, F. Galván-Magaña, and J. Ramos-Miranda. Diet comparison between silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) and scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) off the south-west coast of México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(2):337–345, 2017.
 - [18] C. Estupiñán-Montaña, L. G. Cedeño-Figueroa, and F. Galván-Magaña. Hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834)(Chondrichthyes) en el Pacífico ecuatoriano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(2):379–386, 2009.