

Ecología

Movimiento entre hábitats de la barracuda *Sphyraena barracuda*, determinado por aproximaciones tróficas en el Caribe occidental

Inter-habitat movement of the Great Barracuda, Sphyraena barracuda, evidenced by trophic approaches in the western Caribbean

Paola Torres-Chávez ^a, Juan J. Schmitter-Soto ^{a, *}, Norman Mercado-Silva ^b,
Martha E. Valdez-Moreno ^a

^a El Colegio de la Frontera Sur, Apartado postal 424, 77000 Chetumal, Quintana Roo, México

^b Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62209 Cuernavaca, Morelos, México

*Autor para correspondencia: jschmitt@ecosur.mx (J.J. Schmitter-Soto)

Recibido: 9 diciembre 2016; aceptado: 2 marzo 2018

Resumen

Se evidenciaron movimientos entre hábitats relacionados con cambios tróficos y con el crecimiento de la barracuda, *Sphyraena barracuda* (Edwards, 1771), por medio de análisis de contenido estomacal e isotopía estable, en la bahía de Chetumal/Corozal, el canal de Zaragoza y la costa adyacente del Caribe occidental, sur de Quintana Roo (México) y norte de Belice. Se capturaron y midieron 116 organismos, divididos en 3 clases de talla; solo el 42% de los estómagos contenían alimento y fue por la tarde cuando se encontraron más estómagos vacíos. Entre las presas se identificaron peces de las familias Gerreidae, Cyprinodontidae y Atherinidae. Asimismo, se extrajo tejido muscular de la barracuda y otros organismos de diversos niveles tróficos en el área de estudio, dentro y fuera de la bahía, así como en el canal de Zaragoza, que comunica a la bahía con el Caribe, para el análisis isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$). Con base en éste, se encontraron 3 subpoblaciones de *S. barracuda* separadas espacial y temporalmente; se confirmó que la especie es depredador tope en estos sitios y que existe un movimiento entre hábitats relacionado con el crecimiento del pez.

Palabras clave: Migración ontogenética; Isótopos estables; Ecología costera y estuarina

Abstract

Inter-habitat movements related to trophic changes and growth of the Great Barracuda, *Sphyraena barracuda* (Edwards, 1771), were evidenced by stomach content and stable isotope analyses in the Chetumal/Corozal Bay, the Zaragoza Canal, and the adjacent western Caribbean coast, southern Quintana Roo (Mexico) and northern Belize. One hundred sixteen specimens, divided into three size classes, were captured and measured; only 42% of the stomachs contained food, and most empty stomachs were found during the afternoon. Among the prey were fish from families Gerreidae, Cyprinodontidae, and Atherinidae. In addition, muscle tissue was sampled from the barracudas and other organisms from diverse trophic levels in the study area—in the bay, at the sea, and in the Zaragoza Canal, which

communicates bay and sea— for isotopic analyses ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). We identified three different subpopulations of *S. barracuda* separated spatially and temporally. We confirmed *S. barracuda* as a top predator in all environments, and evidenced inter-habitat movement related to fish growth.

Keywords: Ontogenetic migration; Stable isotopes; Coastal and estuarine ecology

Introducción

Los estuarios, manglares, praderas de pastos marinos y lagunas costeras se consideran importantes sitios de refugio para diversos organismos marinos durante su fase juvenil (Tanaka et al., 2011), ya que les brindan abundante fuente de alimento y protección contra los depredadores durante sus primeras etapas de vida (Nagelkerken et al., 2002). Muchos peces arrecifales aprovechan la conectividad de estos ecosistemas a lo largo de su desarrollo ontogenético, y van desplazándose de manera secuencial en ellos conforme sus necesidades alimenticias cambian, lo cual constituye una migración ontogenética (Cocheret de la Morinière et al., 2003; Nagelkerken y van der Velde, 2004).

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) es de gran importancia ecológica y económica debido a su diversidad biológica (Carrillo et al., 2015). Además, tiene conectividad biológica con distintos hábitats, por ejemplo con la bahía de Chetumal/Corozal. Uno de los peces que habitan en esta área es *Sphyraena barracuda*, un depredador que, cuando juvenil, utiliza las zonas con vegetación, generalmente manglares y praderas de pastos marinos, como sitio de crianza; pasa los primeros años de su vida en estos sitios, antes de desplazarse al arrecife o al mar abierto (D'Alessandro et al., 2011; de Sylva, 1963).

La barracuda es, junto con tiburones y meros, un depredador tope de estuarios y arrecifes (Hooker et al., 2007). En el sur de Quintana Roo y Belice es un recurso comercial y turístico, parte de la pesca deportiva y artesanal, generalmente capturado con redes de atajo en verano y otoño (Medina-Quej et al., 2009).

Los isótopos estables se han utilizado en ecología trófica en las últimas décadas debido a sus ventajas sobre los análisis que exclusivamente usan identificación de contenido estomacal (Boecklen et al., 2011), ya que para estos últimos se requiere un tamaño de muestra mayor y muchas veces se encuentran demasiados estómagos vacíos (Cortés, 1997). Además, los análisis de isótopos estables solo requieren un poco del tejido del animal u organismo de interés; sin embargo, no identifican de qué presas específicas se está alimentando el organismo, por lo que es recomendable integrar ambos análisis en un estudio de ecología trófica (Post, 2002; Schiffman et al., 2012).

La firma isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ ayuda a identificar el lugar donde el animal se alimentó en las semanas o meses

previos (Harrigan et al., 1989). Por su parte, la señal de $\delta^{15}\text{N}$ varía entre niveles tróficos por la acumulación de nitrógeno en proteínas, de modo que es un buen sucedáneo de la posición trófica de un organismo (Fry et al., 1982; Post, 2002).

El objetivo del presente estudio es evaluar si hay factores tróficos (presas preferenciales, señal isotópica) relacionados con el movimiento entre hábitats de la barracuda (*S. barracuda*) en el sur del Caribe mexicano y la bahía de Chetumal. Se examinará también si estos cambios de alimentación y de hábitat corresponden con cambios en la talla del pez.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la bahía de Chetumal/Corozal y la costa sur del Caribe mexicano de Mahahual a Xcalak, en 14 localidades. Éstas se clasificaron en 3 zonas: bahía o zona dentro (D), canal de Zaragoza o zona intermedia (I) y laguna arrecifal o zona fuera (F) (fig. 1).

La bahía de Chetumal/Corozal (zona D) se ubica en la porción sur del Caribe mexicano, norte de Belice. Debido a su alta diversidad de especies animales y vegetales, se considera un área marina prioritaria (Arriaga-Cabrera et al., 1998) y el estado de Quintana Roo la ha protegido como “santuario del manatí”. Se pueden encontrar en ella 3 especies de mangle, 3 de mamíferos acuáticos, 32 de reptiles y varias de anfibios. Es un cuerpo de agua muy extenso, somero y oligotrófico, con agua salobre en su mayor parte y dulce en la desembocadura del río Hondo y otros sistemas menores; el intercambio de agua con el mar es limitado, pero el sistema es internamente dinámico por el movimiento que producen los vientos alisios, predominantes. La bahía está rodeada por humedales, selvas bajas y medianas, y manglares (Espinoza-Ávalos et al., 2009).

En la costa adyacente del Caribe (zona F), entre la localidad de Mahahual y el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, se encuentran diversos tipos de ecosistemas interdependientes, tales como arrecifes de coral, humedales, lagunas costeras, playas y selvas, las cuales se encuentran en un estado de conservación relativamente bueno (Conanp, 2004). También esta región ha sido considerada un área marina prioritaria (Arriaga-Cabrera et al., 1998).

Finalmente, el canal de Zaragoza (zona I) comunica

entre sí a las 2 anteriores (fig. 1). Su flujo es generalmente de la bahía hacia el Caribe, aunque la marea lo puede revertir; la salinidad tiende a ser cercana a la marina. Sus márgenes tienen alguna vegetación de manglar, pero en gran parte son de roca y arena expuestas, debido al carácter artificial de esta vía (Espinoza-Ávalos et al., 2009).

Se realizaron 2 salidas prospectivas y posteriormente 5 expediciones para recolección de ejemplares y muestras. En las 2 primeras, marzo y noviembre de 2015, se obtuvo material sólo de la zona D (Punta Catalán y Punta Calentura); en abril de 2016 se visitaron todas las zonas (fig. 1); en febrero y mayo de 2016 se realizó esfuerzo adicional en la zona F. La pesca se realizó en 4 horarios: madrugada (5:00-7:00 am), mañana (8:00 am a 12:00 pm), mediodía (12:00 pm a 4:00 pm) y tarde (4:00 a 7:00 pm). En cada ocasión, se capturaron juveniles y adultos de *S. barracuda* con chinchorros playeros (25 m de largo, 2 m de caída, 1 cm de luz de malla, con bolsa, hilo alquitranado), trampas de atajo (generalmente con una barrera de 20-30 m desde la orilla y un encierro de unos 10-15 m de diámetro, cercado con malla de gallinero, 1 a 1.5 m de caída y 2 cm de luz), atarrayas (3 m de diámetro y 1.3 cm de luz de malla, hilo monofilamento) y trasmallos

(dejados operando toda la noche, típicamente 100 m de largo, 3 m de caída, luz de malla de 10 cm). También se obtuvieron peces de diversas especies y distintos niveles tróficos, moluscos y crustáceos, así como muestras de hojas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de las 3 zonas (D, F, I) para obtener una representación de las señales isotópicas del área de estudio. Los peces quedaron depositados en la colección ictiológica de ECOSUR, unidad Chetumal.

Los ejemplares de barracuda se midieron mediante un ictiómetro hasta décimas de centímetro (excepto los de talla grande, con cinta métrica, hasta centímetros) y se clasificaron según su longitud patrón en 3 categorías: chicos (CH), hasta 21 cm; medianos (M), entre 21.1 y 49 cm; y grandes (G), de 50 cm o más. Luego se extrajeron los estómagos, los cuales fueron rotulados y colocados en bolsas con etanol al 96%. A los organismos de tamaño mayor a 2 cm de longitud (peces, moluscos, crustáceos) se les extrajo un trozo de tejido muscular, mientras que los crustáceos, moluscos más pequeños y las muestras de vegetales, se conservaron enteras en bolsas de plástico; este material (tejidos y organismos enteros) se trasladó al laboratorio en hielo y allí se secó en un horno a 60 °C

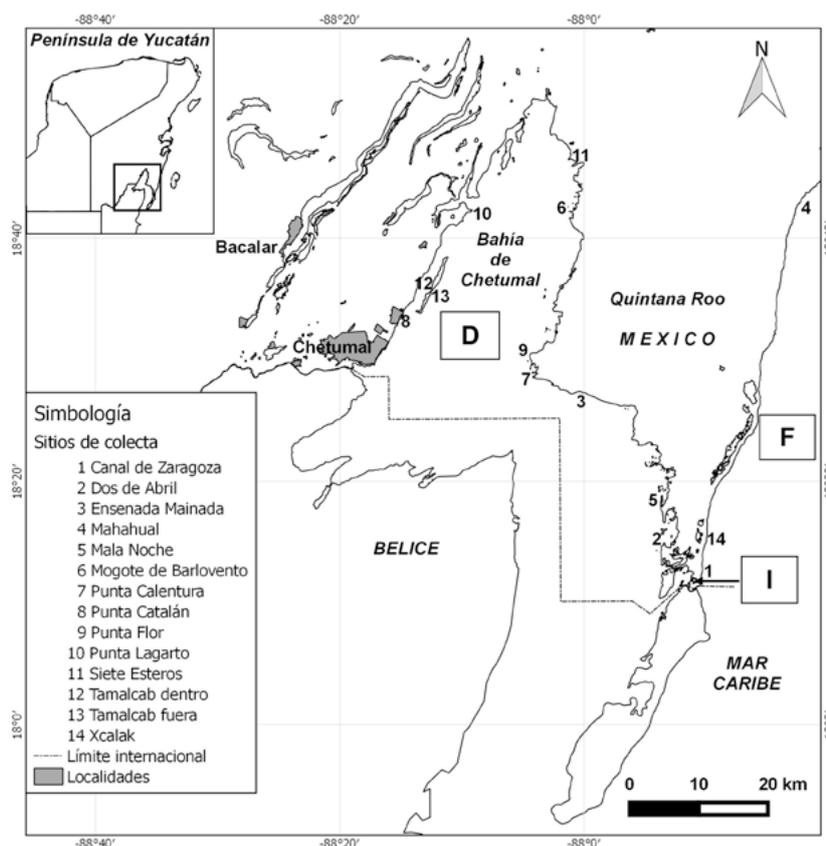


Figura 1. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo de los organismos juveniles y adultos de *Sphyraena barracuda*.

por 48 h. Posteriormente, se pulverizó en un mortero de porcelana, se colocó en viales rotulados, y se envió a un laboratorio certificado de isótopos estables (Environmental Isotope Laboratory, Universidad de Arizona) para obtener las proporciones isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

Con las proporciones de cada elemento se realizaron sendos Anova de una vía (zona, F, D o I) para la mayoría de los taxones y de 2 vías (sitio y clase de talla) para la barracuda, previa comprobación de homoscedasticidad y normalidad (programa Statgraphics vers. 5.0.1.0: StatPoint Technologies, 2010). La expectativa era reconocer una firma isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ correspondiente a la bahía, a partir de las hojas de *R. mangle* allí recolectadas, y otra correspondiente al mar Caribe adyacente, con la obtenida de *T. testudinum*. Con la señal $\delta^{15}\text{N}$ se caracterizó el nivel trófico de los organismos, como un dato adicional para distinguir el uso de recursos tróficos por parte de las barracudas según la talla y hábitat. Los resultados se representaron mediante gráficas $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$.

El contenido estomacal se identificó cuando el grado de digestión lo permitió. Se calculó también el índice de vacuidad, es decir, el porcentaje de estómagos vacíos. Estos datos se compararon contra la hipótesis nula de porcentajes invariantes mediante pruebas de χ^2 , con $p < 0.05$ como criterio de significancia, mediante el programa mencionado.

Resultados

Se capturaron 116 especímenes de barracuda, de los cuales 18 se clasificaron como chicos, 37 medianos, y 61 grandes. Los organismos grandes sólo se registraron en la zona F, y en la zona I sólo hubo ejemplares medianos; las tallas chicas y medianas predominaron en la zona D, aunque también se encontraron en la F (tabla 1). Además, se obtuvieron 45 muestras de peces (sin contar *S. barracuda*), crustáceos y moluscos, así como 2 muestras vegetales, *R. mangle* en el interior de la bahía de Chetumal y *T. testudinum* en Mahahual (tabla 2).

En la muestra total de barracuda hubo un porcentaje significativamente mayor de estómagos vacíos por la tarde, 73%, contra 35% en la madrugada, 20% en la mañana y 8% al mediodía ($\chi^2 = 70.4$, $df = 3$, $p < 0.0001$). También se halló un mayor índice de vacuidad en la talla mediana: 58%, contra 21% en la talla chica y 33% en la grande ($\chi^2 = 18.5$, $df = 2$, $p < 0.0001$).

Muy pocos contenidos estomacales fueron identificables. Se logró determinar sólo 2 especies de peces: *Atherinomorus stipes* (Atherinidae) y *Eucinostomus jonesii* (Gerreidae); el resto sólo se pudo identificar como las familias Cyprinodontidae y Gerreidae. Los crustáceos y moluscos se encontraron solamente en las barracudas

de talla pequeña; el resto de las tallas de presentó en su contenido estomacal exclusivamente peces y materia orgánica no determinable.

Las firmas isotópicas de las barracudas variaron según la talla y el sitio de captura (tabla 3). La señal isotópica también varió según la zona de captura en el resto de los organismos (tabla 2). La señal de $\delta^{13}\text{C}$ fue significativamente diferente entre los organismos capturados dentro de la bahía y los recolectados en la costa ($F = 5.75$, $p < 0.00001$), con un mayor valor de $\delta^{13}\text{C}$ en las muestras marinas en general; el botete *Sphoeroides testudineus*, un pez que fue capturado tanto en la zona D como en la F, mostró también esa misma diferencia entre hábitats. Sin embargo, el bolín *Floridichthys polyommus*, la sardina *Harengula humeralis* y la jaiba *Callinectes* sp. capturados en la costa (zona F) presentaron una señal isotópica más parecida a la de los organismos recolectados en el interior de la bahía (zona D). Por su parte, la firma isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ ($F = 7.02$, $p < 0.00001$) colocó a las barracudas de todas las tallas en los niveles tróficos más altos, junto con otros depredadores, como *Caranx hippos* (fig. 2).

La firma isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ reflejó también diferencias entre las distintas tallas de barracuda y los sitios en que fueron capturadas, formando así 3 subpoblaciones (fig. 3). Las de talla grande de la costa del Caribe (zona F) y canal de Zaragoza (zona I) estuvieron menos enriquecidas en $\delta^{13}\text{C}$ en comparación con las chicas y medianas de adentro de la bahía (zona D). En la bahía (zona D), las barracudas chicas reflejaron un $\delta^{15}\text{N}$ muy similar a las de la talla mediana (fig. 3) y cercano al de *Achirus lineatus* (fig. 2). En la zona F, la señal de $\delta^{15}\text{N}$ fue más alta en los organismos de menor talla que en los grandes; sin embargo no se observó traslape en la señal de $\delta^{13}\text{C}$, lo que sugiere que cada grupo se alimenta en sitios distintos (fig. 3).

Discusión

La firma isotópica $\delta^{13}\text{C}$ fue significativamente distinta según la zona de captura, especialmente entre las zonas D y F; los organismos chicos de la zona F tienen señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ más enriquecidas que los chicos y medianos de la zona D. Las barracudas grandes de la zona F tienen valores intermedios entre los anteriores. Cocheret de la Morinière et al. (2003) encontraron resultados similares en Curazao; los organismos recolectados en bahías y estuarios mostraban valores más bajos de $\delta^{13}\text{C}$, en comparación con los organismos recolectados en las zonas arrecifales.

Únicamente se pudieron encontrar organismos juveniles (chicos y medianos) en el interior de la bahía de Chetumal y el canal de Zaragoza (zonas D, I). Lo mismo

Tabla 1

Longitud patrón (LP) mínima y máxima (mediana, entre paréntesis; en cm), por horario (ver texto), clase de talla y zona de captura de *Sphyraena barracuda* en la bahía de Chetumal/Corozal y el mar Caribe adyacente. Zonas: D, dentro de la bahía; I, intermedia (canal de Zaragoza); F, fuera de la bahía (costa del Caribe). Clases de talla: (CH)ica, (M)ediana, (G)rande.

LP	Horario	Talla	Número de muestras	Sítios de captura	Zona
29.0-49.0 (41.2)	Mediodía	M	22	Punta Flor	D
13.1-19.2 (17.0)	Mediodía	CH	9	Mala Noche, Tamalcab, Punta Lagarto	D
13.0-20.5 (19.3)	Tarde	CH	7	Siete Esteros, Mogote Barlovento, Punta Catalán	D
23.5-31.5 (29.4)	Mediodía	M	4	Tamalcab, Punta Catalán, Ensenada Mainada, Punta Flor	D
21.2-30.2 (23.5)	Tarde	M	6	Siete Esteros, Mogote Barlovento, Punta Catalán, Dos de Abril	D
20.7	Mediodía	CH	1	Xcalak	F
90.0-190.0 (111.0)	Madrugada	G	61	Mahahual	F
97	Madrugada	M	1	Mahahual	F
29.0-34.0 (32.0)	Mediodía	M	4	Canal de Zaragoza	I

Tabla 2

Firmas isotópicas (‰) de los organismos de especie diferente a *Sphyraena barracuda*: valores mínimo y máximo (mediana entre paréntesis). Se indica la zona de captura: D, dentro de la bahía; I, intermedia (canal de Zaragoza); F, fuera de la bahía (costa del Caribe).

Taxón	Zona	Tamaño de muestra	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
Peces				
<i>Achirus lineatus</i>	D	3	13.2-13.4 (13.2)	-21.7 - -21.5 (-21.7)
<i>Caranx hippos</i>	F	3	9.4-11.9 (11.4)	-12.5 - -10.4 (-11.3)
<i>Chriodorus atherinoides</i>	D	1	12.1	-15.6
<i>Floridichthys polyommus</i>	F	2	8.6-11.6 (10.1)	-16.3 - -14.3 (-15.3)
<i>Haemulon sciurus</i>	F	3	7.6-8.3 (7.8)	-12.4 - -10.8 (-11.5)
<i>Harengula humeralis</i>	F	3	7.1-9.0 (7.3)	-16.3 - -15.7 (-15.9)
<i>Lutjanus apodus</i>	F	3	7.1-9.4 (8.6)	-13.7 - -10.3 (-12.5)
<i>L. synagris</i>	F	1	10.1	-8.7
<i>Sphoeroides testudineus</i>	F	1	7.5	-11.8
<i>S. testudineus</i>	D	1	11.6	-17.4
Crustáceos				
<i>Callinectes</i> sp.	I	1	7.9	-18.5
<i>Callinectes</i> sp.	F	1	7.4	-12.6
<i>Callinectes</i> sp.	D	2	7.2-10.2 (8.7)	-10.8 - -9.7 (-10.3)
<i>Pleoticus robustus</i>	I	1	9.3	-19.4
<i>Periclimenes</i> sp.	D	1	5.4	-12.4
Moluscos				
Almejas	D	2	11.4-12.9 (12.2)	-21.1 - -21.0 (-21.1)
Gasterópodos	D	1	6.6	-26.8
Vegetales				
<i>Thalassia testudinum</i>	F	1	6.6	-11.6
<i>Rhizophora mangle</i>	D	1	7.2	-27.7

detectó Paz-Pérez (2006) en la propia bahía de Chetumal, lo cual confirma el uso de estuarios y manglares como sitios de refugio por la barracuda en sus etapas juveniles (Marguillier et al., 1997; Schmidt, 1989).

Aunque hay variación en la señal isotópica de $\delta^{15}\text{N}$, la barracuda siempre ocupó una posición de depredador tope, junto con otras especies, como el lenguado *Achirus lineatus* y *C. hippos*, cuyos hábitos piscívoros ya han sido señalados en la literatura (Saloman y Naughton, 1984; Vasconcelos-Filho et al., 2003). En el caso de la barracuda, esto ocurre en toda etapa de su desarrollo y en las 3 zonas donde se realizó el presente estudio; resultados similares fueron encontrados por Marguillier et al. (1997).

El decremento en nitrógeno en tallas mayores es atribuible a la disminución de crustáceos y la mayor inclusión de peces (probablemente herbívoros y omnívoros) en la dieta de la barracuda; sin embargo, Schmidt (1989) determinó en Florida que también los juveniles de barracuda eran enteramente piscívoros.

La barracuda suele considerarse un carnívoro generalista y oportunista (de Sylva, 1963), características que permiten ahorrar energía. En el presente estudio, al igual que en el de Hooker et al. (2007), se identificaron como presas peces de las familias Gerreidae y Cyprinodontidae; éstos, así como el aterínido *A. stipes* (equivalente ecológico de *Allanetta harringtonensis*, muy común en la dieta de la

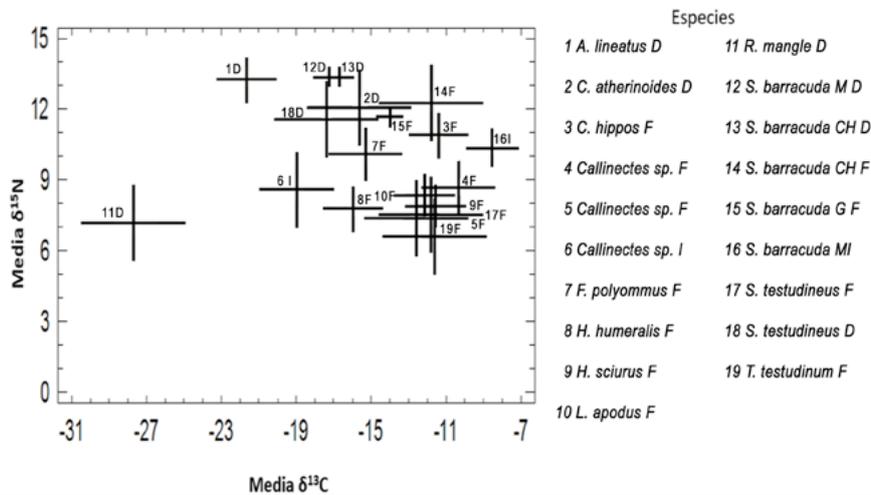


Figura 2. Señales isotópicas de carbono y nitrógeno de organismos capturados en la bahía de Chetumal (D), canal de Zaragoza (I) y la costa del Caribe (F). De las barracudas se indica la clase de talla: G, grande; M, mediana; CH, chica.

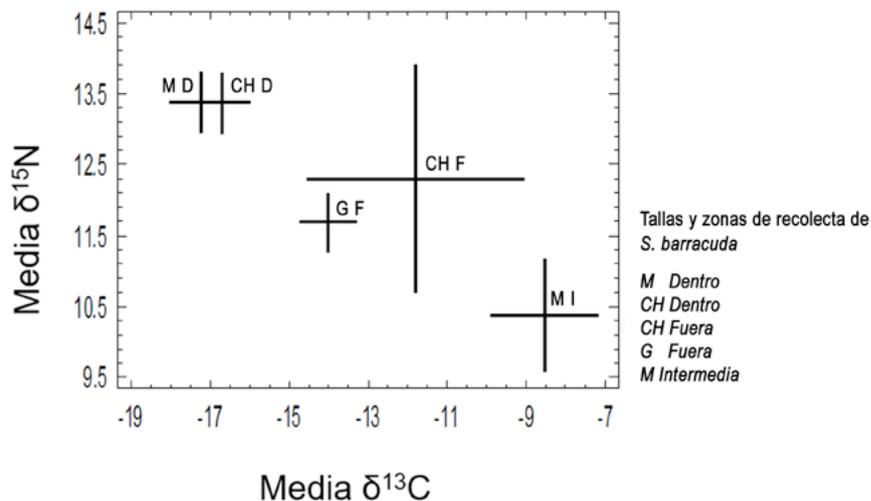


Figura 3. Subpoblaciones de *S. barracuda* capturadas en la bahía de Chetumal (D), canal de Zaragoza (I) y la costa del Caribe (F). De las barracudas se indica la clase de talla: G, grande; M, mediana; CH, chica. Mismos datos de la Figura 2.

Tabla 3

Firmas isotópicas (‰) de *Sphyraena barracuda* por tallas y zonas de captura: valores mínimo y máximo (mediana entre paréntesis). Zonas: D, dentro de la bahía; I, intermedia (canal de Zaragoza); F, fuera de la bahía (costa del Caribe). Clases de talla: (CH)ica, (M)ediana, (G)rande.

Talla	Zona	Número de muestras	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
CH	D	14	10.1–15.9 (13.6)	-23.7 – -9.2 (-16.7)
CH	F	1	12.3	-11.8
M	I	5	12.5–15.9 (13.5)	-18.5 – -12.0 (-15.2)
M	D	10	9.7–15.4 (12.8)	-20.4 – -6.8 (-16.8)
G	F	15	8.0–13.6 (11.7)	-19.9 – -9.0 (-13.9)

barracuda en las Antillas Menores: Randall, 1967) son de los peces más frecuentes y abundantes en la bahía de Chetumal (Schmitter-Soto et al., 2009).

La variación de la vacuidad estomacal a lo largo del día sugiere que *S. barracuda* se alimenta preferentemente en horarios crepusculares. Esto contrasta con estudios previos (de Sylva, 1963; Randall, 1967) de la barracuda como depredador predominantemente diurno.

La separación espacial entre categorías de talla se debe probablemente a los diferentes requerimientos alimenticios y de refugio a lo largo del ciclo de vida de la barracuda. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Nagelkerken y van der Velde (2004) y Cocheret de la Morinière et al. (2003), quienes también registraron tales diferencias en distintos ecosistemas de los “hábitats continuos” - manglares, pastos y arrecife (Aguilar-Perera y Appeldoorn, 2007).

Entre los juveniles recolectados en la bahía (zona D) y el ejemplar de Xcalak (zona F) no se registró traslape en la señal de $\delta^{13}\text{C}$, lo cual sugiere que el único juvenil capturado en la zona costera probablemente no usó como sitio de crianza la bahía de Chetumal ni el arrecife, pero tal vez sí la zona de mangle cercana a Xcalak, posiblemente la pequeña laguna costera del mismo nombre. Este ejemplar también reflejó una señal de $\delta^{13}\text{C}$ más cercana a la de los juveniles capturados en el canal de Zaragoza. Considerando que éstos últimos son de talla mediana, pero no adultos, es probable que hayan nacido en la costa del Caribe (zona F) y más tarde hayan buscado refugio en el canal de Zaragoza (zona I).

En conclusión, la barracuda es en esta área un carnívoro oportunista con hábitos crepusculares, mientras que la firma isotópica $\delta^{13}\text{C}$ por tallas apunta a que *S. barracuda* se mueve entre hábitats (al menos de la zona F a la I) al crecer. Se encontraron 3 subpoblaciones espacialmente separadas de *S. barracuda* en el continuo de hábitats bahía de Chetumal (D) - canal de Zaragoza (I) - costa del Caribe (F), donde la firma isotópica $\delta^{15}\text{N}$ señala a *S. barracuda* como depredador tope dentro de la bahía de Chetumal y

la zona costera adyacente, posición trófica que no varía a lo largo de su desarrollo, aunque sí hay un menor valor de nitrógeno en las tallas mayores. Se concluye también que sí existe para la barracuda una migración entre estos sistemas a medida que el pez crece, la cual está ligada con sus requerimientos alimenticios.

Agradecimientos

Las capturas se efectuaron al amparo del permiso Núm. PPF-DGOPA-053/15, con financiamiento de los proyectos Conacyt CB-242558 y PRODEP UAEMOR-PTC-357. Fernando Aguilar, Roberto Herrera y Gissel Puc ayudaron con las capturas; los pescadores de Mahahual donaron barracudas adultas. Adriana Zavala asesoró la preparación de las muestras para isótopos estables. Janneth Padilla preparó las figuras. Edgar Sandoval y Nancy Cabanillas comentaron versiones previas del artículo. Este artículo es parte de la tesis de maestría de la primera autora, quien recibió una beca de Conacyt.

Referencias

- Aguilar-Perera, A. y Appeldoorn, R. S. (2007). Variation in juvenile fish density along the mangrove-seagrass-coral reef continuum in SW Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 139–148.
- Arriaga-Cabrera, L., Vázquez-Domínguez, E., González-Cano, J., Jiménez-Rosenberg, R., Muñoz-López, E. y Aguilar-Sierra, V. (1998). *Regiones prioritarias marinas de México*. Cd. de México: Conabio.
- Boecklen, W. J., Yarnes, C. T., Cook, B. A. y James, A. C. (2011). On the use of stable isotopes in trophic ecology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 411–440.
- Carrillo, L., Johns, E. M., Smith, R. H., Lamkin, J. T. y Largier, J. L. (2015). Pathways and hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System. Part 1: circulation. *Continental Shelf Research*, 109, 164–176.
- Cocheret de la Morinière, E., Pollux, B. J. A., Nagelkerken, I.,

- Hemminga, M. A., Huiskes, A. H. L. y van der Velde, G. (2003). Ontogenetic dietary changes of coral reef fishes in the mangrove-seagrass-reef continuum: stable isotopes and gut-content analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 246, 279–289.
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2004). *Programa de manejo Parque Nacional Arrecifes de Xcalak*. Ciudad de México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- 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.
- D'Alessandro, E. K., Sponaugle, S., Llopiz, J. K. y Cowen, R. K. (2011). Larval ecology of the great barracuda, *Sphyraena barracuda*, and other sphyraenids in the Straits of Florida. *Marine Biology*, 158, 2625–2638.
- de Silva, D. P. (1963). Systematics and life history of the great barracuda *Sphyraena barracuda* (Walbaum). *Studies in Tropical Oceanography*, 1, 1–179.
- Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G. A. y Hernández-Arana, H. A. (2009). *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal, costa occidental del mar Caribe*. Chetumal, Mexico: El Colegio de la Frontera Sur.
- Fry, B., Lutes, R., Northam, M. y Parker, P. L. (1982). A $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ comparison of food webs in Caribbean seagrass meadows and coral reefs. *Aquatic Botany*, 14, 389–398.
- Harrigan, P., Ziemann, J. C. y Macko, S. A. (1989). The base of nutritional support for the gray snapper (*Lutjanus griseus*): an evaluation based on a combined stomach content and stable isotope analysis. *Bulletin of Marine Science*, 44, 65–77.
- Hooker, H. B., Castro-González, E., Howard, A. A., Quintero, J. A. y Sanabria, M. P. (2007). Hábitos tróficos de la gran barracuda, *Sphyraena barracuda* (Walbaum, 1792) (Pisces: Perciformes: Sphyraenidae) en la Isla de San Andrés, Cayos Bolívar y Albuquerque, Reserva de la Biosfera Sea Flower. En *Proceedings of the 58th Gulf and Caribbean Fisheries Institute* (pp. 217–224).
- Marguillier, S., van der Velde, G., Dehairs, F., Hemminga, M. A. y Rajagopal, S. (1997). Trophic relationships in an interlinked mangrove-seagrass ecosystem as traced by delta ^{13}C and delta ^{15}N . *Marine Ecology Progress Series*, 151, 115–121.
- Medina-Quej, A., Arce-Ibarra, A. M., Herrera-Pavón, R. L., Caballero-Pinzón, P. I., Ortiz-León, H. y Rosas-Correa, C. O. (2009). Pesquerías: sector social, recurso base y manejo. En J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe y H. A. Hernández-Arana (Eds.), *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe* (pp. 184–195). Chetumal, Mexico: El Colegio de la Frontera Sur.
- Nagelkerken, I., Roberts, C. M., van der Velde, G., Dorenbosch, M., van Riel, M., Cocheret de la Morinière, E. et al. (2002). How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale. *Marine Ecology Progress Series*, 244, 299–305.
- Nagelkerken, I. y van der Velde, G. (2004). Relative importance of interlinked mangroves and seagrass beds as feeding habitats for juvenile reef fish on a Caribbean island. *Marine Ecology Progress Series*, 274, 153–159.
- Paz-Pérez, E. (2006). *Comportamiento alimentario de la barracuda Sphyraena barracuda (Pisces, Sphyraenidae), en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, mar Caribe, México (Tesis)*. Instituto Tecnológico de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo, México.
- Post, D. M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: model, methods, and assumptions. *Ecology*, 83, 703–718.
- Randall, J. E. (1967). Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5, 665–847.
- Saloman, C. H. y Naughton, S. P. (1984). Food of crevalle jack (*Caranx hippos*) from Florida, Louisiana, and Texas. *NOAA Technical Memorandum*, 134, 34.
- Schiffman, D. F., Gallagher, A. J., Boyle, M. D., Hammerschlag-Peyer, C. M. y Hammerschlag, N. (2012). Stable isotope analysis as a tool for elasmobranch conservation: a primer for non-specialists. *Marine and Freshwater Research*, 63, 635–643.
- Schmidt, T. W. (1989). Food habits, length-weight relationship and condition factor of young Great Barracuda, *Sphyraena barracuda* (Walbaum), from Florida Bay, Everglades National Park, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 44, 163–170.
- Schmitter-Soto, J. J., Vásquez-Yeomans, L., Pimentel-Cadena, E., Herrera-Pavón, R. L., Paz, G. y García-Téllez, N. (2009). Peces. En J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe y H. A. Hernández-Arana (Eds.), *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del mar Caribe* (pp. 102–114). Chetumal, Quintana Roo: El Colegio de la Frontera Sur.
- StatPoint Technologies, I. (2010). *STATGRAPHICS Centurion XVI Manual de usuario*. The Plains, VA: StatPoint Technologies Inc.
- Tanaka, K., Hanamura, Y., Chong, V. C., Watanabe, S., Man, A., Kassim, F. M. et al. (2011). Stable isotope analysis reveals ontogenetic migration and the importance of a large mangrove estuary as a feeding ground for juvenile John's snapper *Lutjanus johnii*. *Fisheries Science*, 77, 809–816.
- Vasconcelos-Filho, A. L., Neumann-Leitão, S., Eskinazi-Leça, E., Schwaborn, R., Oliveira, A. M. E. y Paranaguá, M. N. (2003). Trophic interactions between fish and other compartment communities in a tropical estuary in Brazil as indicator of environmental quality. *Advances in Ecological Sciences*, 18, 173–183.