



Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (Elasmobranchii, Narcinidae) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano

FABIAN MORENO¹, KELLY ACEVEDO¹, MARCELA GRIJALBA-BENDECK¹, CARLOS POLO-SILVA² Y ARTURO ACERO P.³

¹Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Carrera 2 # 11-68, Edificio Mundo Marino, El Rodadero. Santa Marta, Colombia

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. I.P.N. s/n Colonia Playa Palo de Santa Rita, apartado postal 592.23000 La Paz, Baja California Sur, México.

³Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, INVEMAR/CECIMAR, Cerro Punta de Betín, Santa Marta, Colombia. Email: aacero@invemar.org.co

Abstract. Trophic spectrum of the electric ray *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (Elasmobranchii, Narcinidae) in playa Salguero, Santa Marta, Colombian Caribbean. The Bancroft's numbfish *Narcine bancroftii*, a common species in coastal fisheries as bycatch, has been scarcely studied. The poor knowledge about important biological aspects and life history do not permit to take control management measures to allow species conservation. We included one important aspect about the diet composition, which include the analysis of 198 stomachs to about the trophic spectrum. Number of prey organism (N), weigh (P), frequency of occurrence (FO), index of relative importance (IRI), diversity, prey uniformity, trophic niche amplitude (*Bi*), and diet overlapping (*Cλ*) methods were used. The most important preys were: Sipunculidae, Callianassidae and Ophichthidae. The females shown higher prey diversity values and males had the highest uniformity values. The diet changed ontogenetically and feeding areas were common to both sexes and all stages of development. The Bancroft's numbfish is considered a specialist ray, eating mainly sipunculids, with a diverse diet including several benthic preys.

Key words: Ecology, Index of relative importance (IRI), Bancroft's numbfish, Feeding, Colombia.

Resumen. La raya eléctrica *Narcine bancroftii* ha sido poco estudiada a pesar de ser común en las capturas costeras como pesca incidental. El desconocimiento de aspectos biológicos importantes en su historia de vida no permite tomar medidas de control que ayuden a la conservación de esta especie. Uno de estos aspectos es la composición de su dieta, para ello se analizaron 198 ejemplares con el fin de generar información de su espectro trófico, teniendo en cuenta los métodos numérico (N), gravimétrico (P), frecuencia de aparición (FA) e índice de importancia relativa (IIR), además de la diversidad, uniformidad de presas, amplitud del nicho trófico (*Bi*) y superposición de la dieta (*Cλ*). Las presas más importantes fueron las familias Sipunculidae, Callianassidae y Ophichthidae. Las hembras presentaron mayor diversidad de componentes alimentarios y los machos mayores valores de uniformidad. Se observó que la dieta cambia conforme aumenta la talla y que el área de alimentación es común para machos y hembras en todos los estados de desarrollo. En términos generales se consideró que *N. bancroftii* es una raya especialista consumiendo principalmente sipunculidos, con una dieta diversa compuesta por presas bentónicas.

Palabras clave: Ecología, Índice de importancia relativa (IIR), *Narcine bancroftii*, Alimentación, Caribe, Colombia.

Introducción

Los peces cartilaginosos de la familia Narcinidae son reconocidos mundialmente por su capacidad de generar electricidad como método de protección y herramienta fundamental en la captura de sus presas. El representante principal en el Caribe colombiano es la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (McEachran & Carvalho 2002), que es capturada de forma incidental con diferentes artes de pesca, entre los que se encuentran las redes de arrastre camaronero y el chinchorro de jala (Acevedo *et al.* 2007, Grijalba-Bendeck *et al.* 2007), no posee ningún valor comercial y en la mayoría de las ocasiones son devueltas al mar.

Se han realizado algunos estudios tróficos en peces cartilaginosos, como los trabajos realizados por Babel (1967) en *Urolophus halleri* (Cooper 1863) y Smith & Merriner (1985) en *Rhinoptera bonasus* (Mitchill 1815). Entre los estudios puntuales para la familia Narcinidae se destacan el de Rodloe (1989) en *Narcine bancroftii* y Valadez *et al.* (2000) en *Narcine entemedor* Jordan & Starks 1895, que coinciden en que estas dos especies de rayas consumen principalmente poliquetos, sipuncúlidos y peces (Ophichthidae).

El comportamiento alimentario y la cinemática de la raya eléctrica *N. bancroftii* fue estudiada por Dean & Motta (2004), quienes establecieron que la protrusión de las mandíbulas es determinante en la captura de la presa. Además encontraron que la raya obtiene su alimento proyectando la mandíbula y generando presión oral para succionar las presas dentro de la boca, estas condiciones le dan un único mecanismo de protrusión entre los batoideos, que ayuda a mejorar el desempeño de la succión de la presa.

En el Caribe colombiano no se cuenta con estudios puntuales de los hábitos alimentarios de la raya eléctrica *N. bancroftii*, pero se mencionan algunos datos de las presas que consumen en trabajos como Dahl (1971), quien sugiere que esta especie consume principalmente poliquetos, mientras que Gómez-Canchong *et al.* (2004) registran el consumo de cangrejos y otros crustáceos, representando un 51,63 % y poliquetos con 26,73 % del peso de la dieta. Este estudio pretende generar información básica de la dieta de la raya eléctrica *N. bancroftii* en el área de playa Salguero, Caribe colombiano, mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de las presas encontradas en los contenidos estomacales.

Materiales y métodos

Los ejemplares de *N. bancroftii* estudiados fueron capturados entre agosto (2005) y octubre

(2006), como pesca incidental de las faenas con chinchorro playero, con mangas de 150 m de longitud con 1,5 a 5 cm de ojo de malla en el copo. El área de estudio comprende dos playas de el sector de El Rodadero: la primera playa Salguero, ubicada entre 11° 10' 56,97'' N y 74° 14' 15,59'' W y 11° 11' 37,13'' N y 74° 13' 49,93'' W y la segunda entre 11° 11' 47,05'' N y 74° 13' 45,52'' W y 11° 11' 51,35'' N y 74° 13' 43,22'' W. Se efectuaron un total de 414 lances, dos a tres por día; las faenas duraron de una a dos horas y se calaron a una distancia de la costa de 350 a 400 m y una profundidad de 5 a 6 m. Se determinó el peso húmedo total y eviscerado de cada ejemplar, luego se realizó la disección ventral del animal, desde la abertura cloacal hasta la región cardiaca, en estas condiciones se analizaron algunos aspectos reproductivos como el estado de madurez teniendo en cuenta características como desarrollo gonadal, presencia de embriones en hembras y semen en machos. En cuanto al aspecto trófico se extrajo el estómago realizando un corte a la altura del esófago y otro donde termina la válvula espiral. El contenido estomacal se separó por grupos mayores, se evaluó el porcentaje de llenado de cada estómago y el estado de digestión de cada ítem encontrado, según las escalas propuestas por Stilwell & Kohler (1982). Se identificaron los componentes teniendo como referencia los trabajos de Meglitsch (1972), Barnes & Ruppert (1996) y Barreto & Mancilla (1999) en la ubicación de taxones superiores, para los poliquetos se usó Fauchald (1977), la familia Callianassidae Manning & Felder (1991), Ophichthidae McCosker *et al.* (1989) y para la familia Sipuncúlidae se tuvieron en cuenta los criterios de Saiz (1986).

Para determinar si el número de estómagos fue representativo, se realizó una curva acumulativa de especies presa, sometiendo los estómagos a 500 permutaciones en el programa Estimate 8.0 (Colwell 2006). Luego se ajustaron los datos al modelo de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal 2003) en el programa Statística 7.0 CAP (Community Analysis Package), calculando de esta forma algunos parámetros, como el coeficiente de determinación, el cual indica que cuando un valor es cercano a uno, los datos se ajustan al modelo, además de arrojar el valor de la pendiente de la curva, donde valores menores a 0,1 indican un número suficiente de estómagos para determinar gran parte de la dieta. En la determinación del nivel trófico a partir de las presas encontradas en los estómagos analizados, se utilizó el modelo propuesto por Cortés (1999), el cual nos brinda información con respecto a la posición trófica relativa de los organismos en la red trófica. El nivel trófico (TL) fue calculado como:

$$TL = 1 + (\sum_{j=1}^{11} P_j * TL_j)$$

Donde P_j es la proporción de cada categoría de presas y TL_j se considero como el nivel trófico de cada categoría de presas j , el cual fue obtenido de Cortés (1999) y Ebert & Bizzarro (2007). Para la caracterización de la dieta se determinó la frecuencia de aparición (FA), el número mediante el método numérico (N) y peso con el índice gravimétrico (P) (expresado en gramos) de cada presa (Hyslop 1980), además se calculó el índice de importancia relativa (IIR) como valor absoluto y en porcentaje (Pinkas *et al.* 1971) con el propósito de evaluar las variaciones mensuales de la dieta por sexos y estadio de desarrollo como:

$$IIR = (\%P + \%N) * \%FA$$

Donde IIR es el índice de importancia relativa, %P es el porcentaje en peso de la presa, %N porcentaje en número de la presa y %FA porcentaje de frecuencia de aparición (Hyslop 1980). Para la determinación de presas principales, secundarias y ocasionales se compararon los valores calculados (IIR) con los valores propuestos por Duarte & von Schiller (1997), valores de 0 a 20 corresponden a presas ocasionales, de 21 a 200 secundarias y de 201 a 20000 principales. La diversidad de presas se estableció mediante el índice de Shannon-Wiener (H'). La amplitud de la dieta se calculó utilizando el índice estandarizado de Levin (Krebs 1989), empleando la técnica propuesta por Labropoulou & Eleftheriou (1997) como:

$$Bi = \frac{1}{n} - 1 \left[\left(\frac{1}{\sum_j P_{ij}^2} \right) - 1 \right]$$

Donde B_i es el índice de Levin para el depredador j , P_{ij}^2 es la proporción de la dieta del depredador i sobre la presa j y n es el número de categorías de presas, los valores de este índice fluctúan de 0 a 1, menores a 0,6 indican que la dieta está dominada por pocas presas, por lo tanto se trata de un depredador especialista y mayores a 0,6 corresponden a dietas de depredadores generalistas (Krebs 1989, Labropoulou & Eleftheriou 1997). Se realizaron análisis de traslapo trófico por sexos, tallas y estadios de madurez, con el fin de determinar si existían diferencias en el tipo de alimento, se utilizó el índice de Morisita-Horn (Smith & Zaret 1982) como:

$$C\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi})}{(\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2)}$$

Donde $C\lambda$ es el índice de Morisita-Horn entre sexo o estado de madurez x y entre sexo o estado de madurez y , P_{xi} es la proporción de presa i del total de presas consumidas por el sexo o estado de madurez x , P_{yi} es la proporción de presa i del total de presas consumidas por el sexo o estado de madurez y y n es el número total de presas, este índice oscila entre 0 y 1, valores mayores a 0,6 indican traslapamiento en la dieta (Langton 1982).

Para los análisis de contenido estomacal se utilizó la prueba estadística de ANOSIM ($p < 0.05$) (análisis de similitud de una vía) con el fin de determinar si la composición específica de las presas fue diferente entre sexo. ANOSIM es un procedimiento no paramétrico, análogo al análisis de varianza, que se basa en el re-muestreo multifactorial utilizando permutaciones. La prueba estadística implica el cálculo de un estadístico global (R), el cual contrasta la varianza de la similitud dentro y entre los grupos.

Cuando los grupos de muestras son distintos unos de otros, la composición de la similitud dentro de los grupos son más grandes que las similitudes que pueda existir entre las muestras de diferentes grupos. El estadístico R, de ANOSIM, varía entre -1 y 1, alcanzando su valor máximo cuando todas las similitudes dentro de los grupos son mayores que las similitudes entre los grupos (hay separación perfecta en la estructura trófica entre los grupos); mientras que en caso contrario, R alcanza su valor mínimo e indica que no hay separación en la estructura trófica entre los grupos.

La significancia de la prueba estadística se determina comparando el estadístico R de la muestra con aquellos que resultan del procedimiento de asignar muestras aleatorias a los grupos a través del re-muestreo utilizando permutaciones (Clarke & Warwick 1994). La proporción del arreglo aleatorio con valores de R mayores que el valor R de la muestra es el nivel de significancia de la prueba (Clarke & Warwick 2001). Este análisis fue realizado mediante la utilización del paquete PRIMER V6.0 (Plymouth Routines in Marine Environmental Research programs) (Clarke & Warwick 2001).

Resultados

Se analizaron 198 estómagos, 102 (51,52 %) presentaron algún tipo de contenido y los 96 (48,48 %) restantes se encontraron vacíos. La mayor

cantidad de estómagos llenos se registró en septiembre (n=15) y octubre (n=16) de 2005 y sólo en agosto del mismo año se extrajeron estómagos sin contenido (Fig. 1). El número de estómagos analizados fue representativo, como lo demostró el valor de la pendiente de la curva $1,695^{e-5}$ describiendo el 86,81 % de la dieta, además dichos valores se ajustan al modelo de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal 2003) ya que el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,964$) incluye una correlación

alta (Fig. 2). Se registraron 58,82 % de los estómagos con un porcentaje de llenado del 25 %, 39,22 % con el 50 % y sólo el 0,98 % con 75 % y 100 % de su capacidad; para ambos sexos el porcentaje de llenado más común fue el 25 % (el 51,90 % de las hembras y el 82,81 % de los machos); en cuanto al grado de digestión el estado mejor representado fue el tres con 49,02 %, presentando un mayor porcentaje en machos 65,22 % que en hembras (44,30 %).

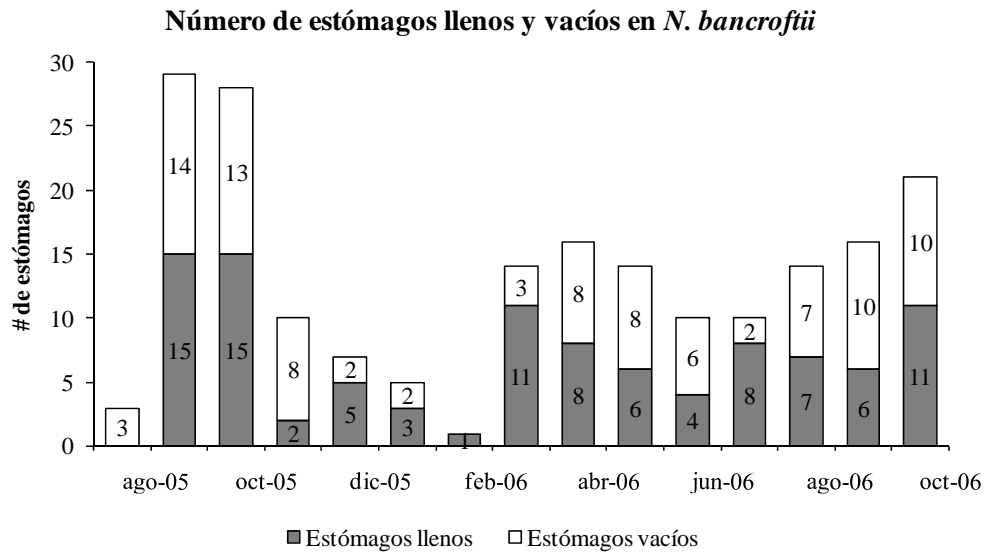


Figura 1. Número de estómagos llenos y vacíos en *N. bancroftii* capturada en playa Salguero Caribe colombiano.

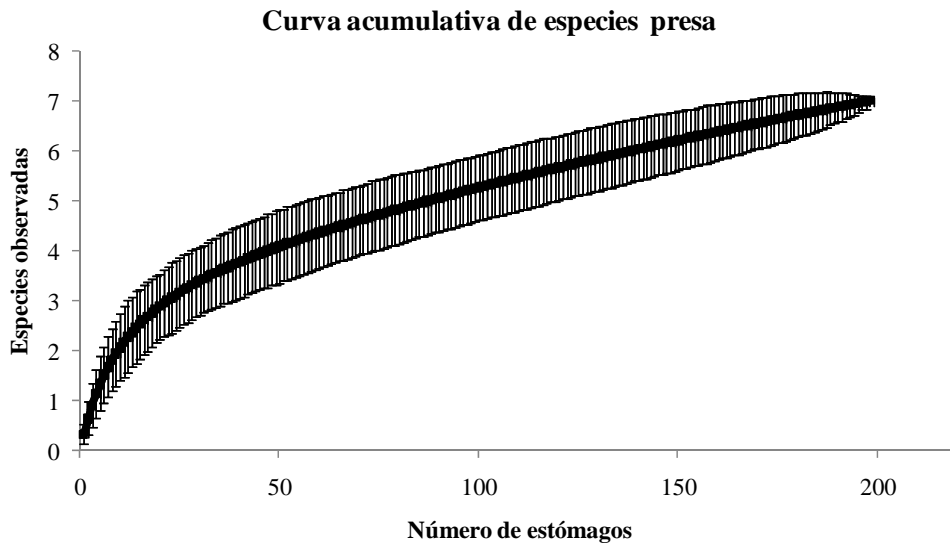


Figura 2. Curva acumulativa de especies presa para la raya eléctrica *N. bancroftii* en el área de playa Salguero Caribe colombiano.

Se diferenciaron siete tipos de componentes alimentarios a nivel de familias: Callianassidae, Sicyoniidae, Palaemonidae, Sipunculidae, Ophichthidae, Eunicidae y Terebellidae; además

restos de gusanos y crustáceos. Teniendo en cuenta las presas encontradas se obtuvo que el nivel trófico general para *N. bancroftii* basados en la tabla propuesta por Cortés (1999) fue

de 3,60, mientras que los valores por sexo fueron cercanos (hembras 3,61, machos 3,54); por otra parte los resultados tomando como referencia el estudio de Ebert & Bizzarro (2007), muestran valores similares aunque un poco mayores, el nivel trófico general fue de 3,65, hembras 3,66 y machos 3,61. Las hembras presentaron todos los componentes y exclusividad por camarones (Sicyoniidae y Palaemonidae) y poliquetos (Terebellidae), mientras que los machos consumieron principalmente sipuncúlidos

(Sipunculidae), poliquetos (Eunicidae), gambas excavadoras (Callianassidae) y peces (Ophichthidae). Se registraron variaciones de la dieta con respecto al sexo y tallas, ambos sexos consumen sipuncúlidos durante toda su vida, ya que se encontró este ítem en todo el ámbito de tallas, desde las de nacimiento hasta adultos grandes (131-565 mm), a diferencia de las gambas excavadoras, poliquetos y peces, que fueron capturados por hembras mayores a 257 mm principalmente (Tabla I).

Tabla I. Número de presas capturadas por cada sexo e intervalo de talla (mm) en el que fueron registradas para *N. bancroftii*, capturada en playa Salguero, Caribe colombiano.

Presas	# presas en hembras	# presas en machos	Ámbito de tallas en hembras (mm)	Ámbito de tallas en machos (mm)
Callianassidae	28	6	257-545	332-457
Sicyoniidae	2		334	
Palaemonidae	1		334	
Terebellidae	1		545	
Eunicidae	8	6	236-465	257-259
Sipunculidae	40	9	150-565	131-400
Ophichthidae	13	1	310-565	395

Índices tróficos. El método numérico (N) destacó la familia Sipunculidae como grupo dominante 42,61 %, seguido por Callianassidae 29,56 %, Ophichthidae y Eunicidae con 12,17 % cada una y por último Sicyoniidae 1,74 % y Palaemonidae 0,87 %. El análisis por sexo mostró que Sipunculidae es muy importante en número para ambos sexos (hembras 43,01 %, machos 40,09 %) al igual que las gambas excavadoras (hembras 30,10 %, machos 27,27 %) que figuran en segundo lugar, particularmente para las hembras los peces ocupan el tercer lugar de importancia con 13,98 %, mientras que para los

machos fueron importantes los gusanos de la familia Eunicidae con 27,27 % (Fig. 3 y Tabla II). La frecuencia de aparición (FA) mostró a Sipunculidae como presa conspicua 40,20 %, seguida por Callianassidae 19,61 % y Ophichthidae 12,75 %. Tanto las hembras como los machos al parecer prefieren los sipuncúlidos, ya que fueron evidentes en la dieta de ambos sexos (hembras 41,77 % y machos 34,78 %), al igual que en el método numérico las gambas excavadoras fueron más frecuentes en la dieta de ambos sexos que los poliquetos (Eunicidae) y peces (Ophichthidae) (Fig. 3 y Tabla II).

Tabla II. Espectro trófico de *N. bancroftii*, expresado en valores porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (P), frecuencia de aparición (FA) e índice de importancia relativa (IIR).

Especies Presa	N (%)	P (%)	FA (%)	IIR	% IIR	Categoría
Callianassidae	29,56	6,39	19,60	705,10	15,34	Principal
Sicyoniidae	1,73	0,43	0,98	2,13	0,04	Circunstancial
Palaemonidae	0,87	0,11	0,98	0,96	0,02	Circunstancial
Terebellidae	0,87	0,91	0,98	1,75	0,03	Circunstancial
Eunicidae	12,17	6,61	7,84	147,39	3,20	Secundaria
Sipunculidae	42,60	42,21	40,60	3409,67	74,19	Principal
Ophichthidae	12,17	13,60	12,74	328,55	7,14	Principal

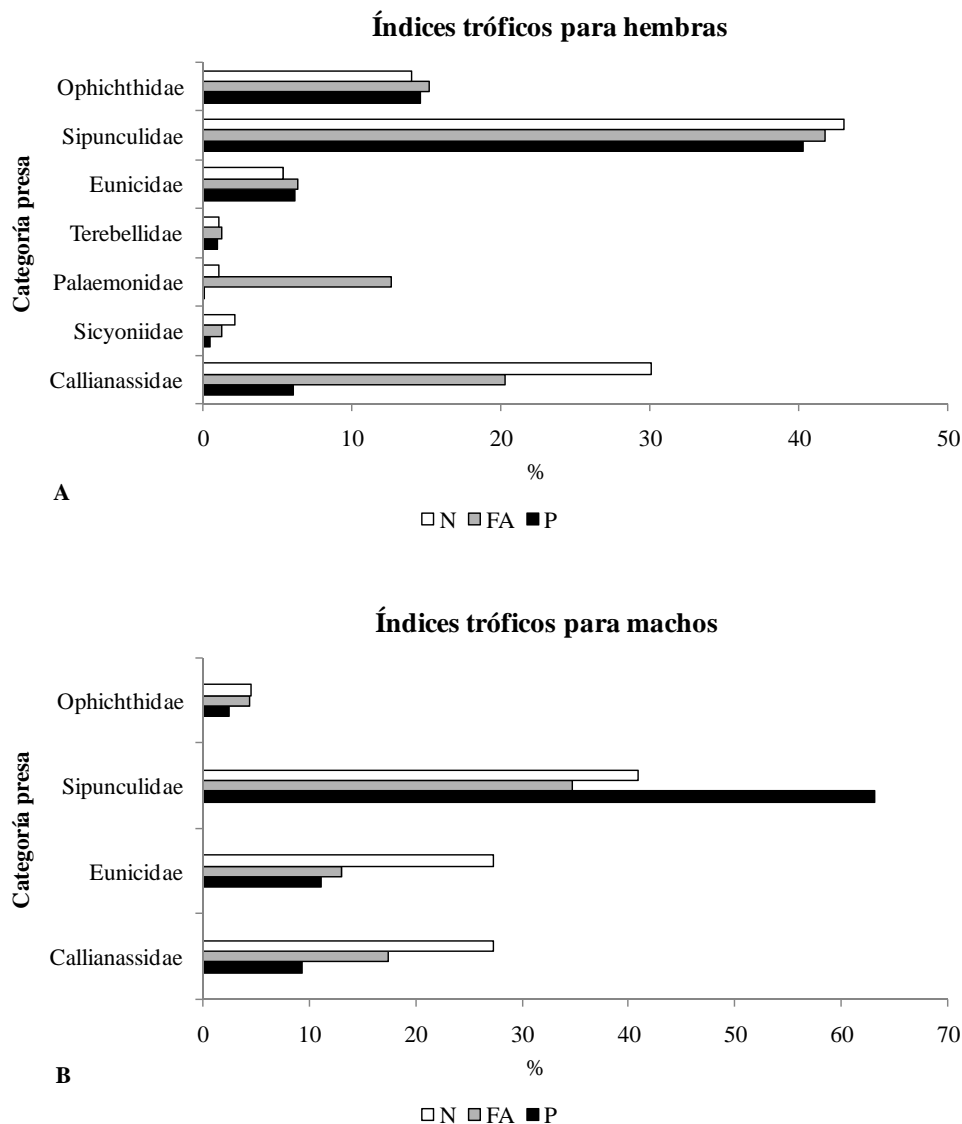


Figura 3. Índices tróficos y su representación en porcentaje en el espectro alimentario de *N. bancroftii*, capturada en playa Salguero Caribe colombiano, A hembras y B machos, frecuencia de aparición (FA), método gravimétrico (P) y método numérico (N).

El método gravimétrico (P) presentó la familia Sipunculidae como la mejor representada en peso 42,21 %, seguida por los peces Ophichthidae 13,60 % y Callianassidae 6,39 %. Estos datos contrastan con el porcentaje en N y FA, ya que en estos la importancia de Callianassidae fue mayor, pero su representación en peso no resultó significativa (Tabla II). Caso contrario de la familia Ophichthidae que obtuvo mayor importancia debido a su peso, para los machos fue más importante en peso Sipunculidae 63,07 % que para las hembras 40,31 %, al igual que la familia Eunicidae 11,07 % en machos y 6,21 % en hembras (Fig. 3).

Con el índice de importancia relativa (IIR) se determinó que la familia Sipunculidae fue la más

importante en la dieta (3409,67) junto con Callianassidae (705,10) y Ophichthidae (328,55) se pueden considerar como presas principales según la escala de Duarte & von Schiller (1997), como presa secundaria se registró a Eunicidae 147,39 mientras que Sicyoniidae, Palaemonidae y Terebellidae fueron categorizadas presas ocasionales (Tabla II). El % IIR por sexo mostró que para las hembras la familia Sipunculidae fue la más importante con el 73,38 %, valor un poco menor al observado para los machos 75,59 %, el segundo ítem de mayor importancia fue la familia Callianassidae con 15,47 % (hembras) y 13,31 % (machos); la familia Ophichthidae se ubicó en tercer lugar de importancia para las hembras 9,16 %, mientras que en los machos fue la familia Eunicidae con 10,45 %. Los

resultados por sexo y estadios de desarrollo evidenciaron que los sipuncúlidos son consumidos en todas las etapas de desarrollo para ambos sexos, siendo muy importantes en la dieta de machos inmaduros 81,44 % y hembras maduras 72,32 % y en menor proporción aparece la familia

Callianassidae para los estadios inmaduros de hembras 5,25 % y machos 2,10 %. Caso contrario ocurre con Eunicidae que se presentó en mayor porcentaje en maduros de ambos sexos y finalmente Ophichthidae tuvo relevancia en hembras 10,14 % y machos maduros 2,52 % (Fig. 4).

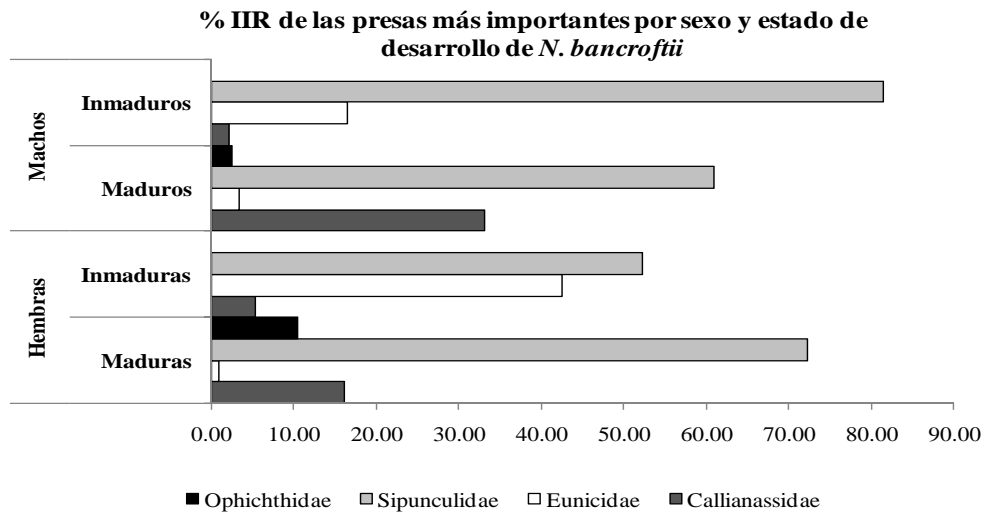


Figura 4. Porcentaje del IIR de las presas más importantes por estados de madurez para hembras y machos de *N. bancroftii*.

Índices ecológicos. La diversidad máxima estimada a nivel general fue 1,94 y la calculada para la dieta 1,36±0,05, indicando un espectro trófico diverso, dominado por Sipunculidae y Callianassidae. Los valores de la diversidad calculada y máxima por sexos y estadios de desarrollo corroboraron la hipótesis de que la dieta de esta raya es diversa pero con preferencias por algunas presas, además se encontraron variaciones entre sexos, siendo el espectro de las

hembras más diverso, condición que fue evidente al comparar el valor de hembras 1,39±0,05 con el de los machos 0,58±0,01 (Tabla III). La uniformidad de presas en términos generales fue 0,70, los valores por sexo aumentan a 0,91 para hembras inmaduras y machos maduros mientras que en machos inmaduros fue de 0,81, indicando que esta raya eléctrica consume gran variedad de presas en proporciones similares, a pesar de tener preferencias (Tabla III).

Tabla III. Diversidad, uniformidad de presas y amplitud del nicho, general, por sexos y estados de desarrollo de *N. bancroftii*.

Rayas	Shannon-Wiener (H')	Diversidad Max	Uniformidad	Índice de Levin (B_i)	Índice de Morisita-Horn (C_λ)
General	1,36 ± 0,05	1,94	0,70	0,32	
Hembras	1,39 ± 0,05	1,94	0,71	0,33	0,93
Machos	0,58 ± 0,01	1,38	0,77	0,53	
Hembras maduras	1,36 ± 0,05	1,94	0,70	0,31	0,73
Hembras inmaduras	1,00 ± 0,02	1,09	0,91	0,52	
Machos maduros	1,27 ± 0,04	1,38	0,91	0,59	0,77
Machos inmaduros	0,90 ± 0,02	1,09	0,81	0,37	

La amplitud del nicho trófico (B_i) al igual que el IIR mostró que la raya eléctrica puede ser considerada especialista 0,32, con una dieta

dominada principalmente por Sipunculidae. Entre sexos (hembras 0.33 y machos 0.53) y estadios de desarrollo se observó una clara especialización de la

dieta (Tabla III). La superposición de dieta ($C\lambda$) entre sexos registró un valor de 0,93, representando un traslape evidente, lo cual indica que comparten un área específica consumiendo las presas más abundantes, como los sipuncúlidos. Entre hembras maduras e inmaduras el valor registrado fue 0,73 y para machos maduros e inmaduros 0,77; lo anterior demuestra que entre estados de desarrollo existe traslape, el cual fue corroborado nuevamente mediante el análisis de similitud ANOSIM, debido a que el R global de la prueba fue de 0,022, con un P valor de 0,05, indicando que no existe segregación alimentaria por sexo ni estadio de madurez ya que comparten una área de alimentación, consumiendo varios tipos de presas en diferentes proporciones.

Discusión

Con base en los resultados, se propone que *N. bancroftii* se alimenta de animales bentónicos al igual que otras rayas de su género, como lo mencionan Valadez *et al.* (2000) para la raya eléctrica del Pacífico *N. entemedor*, quienes registraron dentro de los componentes más importantes a los poliquetos. Al igual que *N. bancroftii*, *N. entemedor* también presentó como presa representativa a los sipuncúlidos que aportaron significativamente en peso (P), confirmando que, a pesar de encontrarse en áreas geográficas diferentes, estas dos rayas guardan muchas similitudes, al punto que en algún momento se pensaba que podían ser la misma especie, registrando hábitos alimentarios similares (Bigelow & Schroeder 1953).

Según los resultados obtenidos en cuanto al nivel trófico, *N. bancroftii* se comporta como un consumidor secundario, al igual que otras especies de rayas (Cortés 1999, Ebert & Bizzarro 2007), sin embargo se observaron diferencias en los valores calculados, debido a discrepancias en los datos de los niveles tróficos de las presas, al parecer al incluir a poliquetos y otros gusanos marinos en los cálculos basados en el trabajo de Ebert & Bizzarro (2007), género que el nivel trófico aumentara, esto se debe probablemente a la importancia de los gusanos marinos (donde estarían agrupados los Sipuncúlidos) en la dieta de esta raya eléctrica. Por otra parte los autores Ebert & Bizzarro (2007) proponen que rayas de tallas menores a 100 cm tienen la tendencia a comportarse como consumidores secundarios mientras que rayas con tallas superiores a este valor se ubican como consumidores terciarios, lo que concuerda con este estudio para *N. bancroftii*, la cual alcanza una talla máxima de 58 cm, sin embargo se debe considerar que el nivel trófico podría responder más a sus hábitos alimenticios y a la disponibilidad de alimento que consume.

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), las familias más importantes en la dieta de *N. bancroftii* fueron Sipunculidae, Callianassidae y Ophichthidae que, a pesar de no ser numerosas, ni frecuentes, si fueron representativas en peso. Esto demuestra que la dieta de *N. bancroftii* en el área de estudio (El Rodadero-Colombia) al parecer no está dominada por poliquetos como lo mencionan McEachran & Carvalho (2002) y Dahl (1971), lo cual puede deberse a características puntuales de cada sector así como el microhabitat de las presas; al igual que su variabilidad espacial y temporal dentro de la comunidad bentónica. También es pertinente mencionar que los depredadores tienden a ser oportunistas capturando el recurso más abundante, convirtiéndose en especialista cuando este aumenta de forma evidente su abundancia en el entorno (Pyke 1984).

En términos generales, *N. bancroftii* se consideró una raya especialista consumiendo principalmente sipuncúlidos, sin embargo se observaron diferencias entre sexos y estadios de desarrollo, donde las hembras presentaron una dieta más diversa que los machos, los cuales al parecer fueron más selectivos. Los estadios inmaduro de ambos sexos consumen poliquetos (Eunicidae) en mayor proporción respecto a los ejemplares maduros, esto podría estar relacionado a los procesos de digestibilidad de los depredadores, los cuales pueden generar diferencias en la composición de la dieta por tallas; así, peces en estados juveniles no han desarrollado algunos mecanismos digestivos y por eso sólo consumen presas que puedan digerir (Gerking 1994). Además seleccionan las presas de acuerdo con su habilidad de captura y talla (Dean & Motta 2004), para los neonatos y juveniles puede ser más fácil la captura de gusanos pequeños y manejables como lo describe Rodloe (1989) para *N. brasiliensis* en cautiverio, ya que presas más grandes y rápidas pueden presentar cierto riesgo al momento de la captura.

Se podría mencionar que basado en los cambios de los valores de diversidad entre los estados inmaduros a maduros de ambos sexos, se encontró que esta raya amplia o diversifica su dieta a medida que avanza su estado de madurez, lo que ha sido observado en otros batoideos (Valadez *et al.* 2000), ya que esa diversificación de la dieta también podría estar relacionada con una mayor habilidad en la captura de las presas, ya sea por una mayor capacidad eléctrica o experiencia como depredador. Estas diferencias también se vieron reflejadas en la uniformidad que fue menor en las hembras, indicando que hay una mayor proporción de una presa frente a las demás, esto puede atribuirse a que

en los sectores costeros de aguas entre 2-10 m de profundidad donde posiblemente se alimentan, la composición y la oferta del medio permiten dominancia de algunas presas que están perfectamente adaptadas a las condiciones variables de estas zonas, al presentarse en mayor número son más susceptibles a ser consumidas con mayor frecuencia. Es de notar que ambos sexos se alimentaron de gambas, pero sólo las hembras atrapan poliquetos (Terebellidae); esto puede ser un indicio de que la raya eléctrica puede diversificar su alimentación ya que las hembras tienen un espectro más amplio en comparación con los machos, lo que puede deberse a que la permanencia de las hembras cerca de la costa les permite acceder a mayor diversidad de presas; mientras que probablemente los machos están sujetos a la disponibilidad de alimento en aguas más profundas.

Al parecer la forma como la raya eléctrica captura las presas juega un papel importante en su dieta, ya que no sólo las elige por su palatividad, sino que también puede deberse a que son relativamente fáciles de capturar gracias a las adaptaciones de su mandíbula que le permiten literalmente succionarlas del sedimento (Dean & Motta 2004). Lo anterior hace de esta raya un depredador de presas bentónicas muy eficiente, a tal punto que le permite capturar sipuncúlidos, poliquetos y ophichthidos completos sin dañar ninguna estructura, a pesar que estos se encuentren enterrados a varios centímetros en el sedimento (Dean & Motta 2004).

Agradecimientos

El presente estudio se enmarcó en el proyecto “Aspectos biológicos de algunos Rajiformes y ensayo preliminar para la estimación de edad en *Rhinobatos percellens* (Walbaum 1792) en Santa Marta, Caribe colombiano” (código 315P), del programa de Biología Marina en Santa Marta de la Facultad de Ciencias Naturales y la Dirección de Investigaciones de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL), la cual financió en su totalidad el trabajo. A los funcionarios de la UJTL (Bogotá y Santa Marta) y a los pescadores artesanales del sector de playa Salguero por su colaboración durante las etapas del proyecto. Contribución 012 del Grupo de Investigación en Peces del Caribe (GIPECA-UJTL).

Referencias

Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Moreno, F., Moreno, C., Molina, E., Grijalba-Bendeck M. & Gómez-Canchong, P. 2007. Tiburones y rayas (subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el

Caribe de Colombia. **Acta Biológica Colombiana**, 12(2): 7–81.

- Babel, J. 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray *Urolophus halleri* Cooper. **California Fish and Game Bulletin**, 137: 1-104.
- Barnes, R. & Ruppert, E. 1996. Zoología de los invertebrados. **Interamericana**, México, 1114 p.
- Barreto, C. & Mancilla, B. 1999. Aspectos sistemáticos de los decápodos (crustáceos) marinos de aguas someras en las cercanías de Cartagena. **Trabajo de grado (Biólogo Marino)**, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Bogotá, 294 p.
- Bigelow, H. & Schroeder, W. 1953. Fishes of the Western North Atlantic. Part Two. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays. **Sears Foundation for Marine Research**, Yale University, New Haven, 588 p.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. **Natural Environment Research Council**, United Kingdom, 144 p.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 2001. **Primer v6: User manual/tutorial**. Primer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, 91 p.
- Colwell, R. 2006. **Statistical Estimation of species Richness and share species from samples**. University of Connecticut, USA. URL. purl.oclc.org/estimates.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. **ICES Journal of Marine Science**, 56: 707–717.
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura. **INDERENA**, Bogotá, 391 p.
- Dean, M. & Motta, P. 2004. Feeding behavior and kinematics of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). **Zoology**, 107: 171-189.
- Dean, M., Huber, D. & Nance, H. 2005. Functional morphology of jaw trabeculation in the lesser electric ray *Narcine brasiliensis*, with comments on the evolution of structural support in the Batoidea. **Journal of Morphology**, 1-10.
- Duarte, L. & von Schiller, D. 1997. Comunidad de peces demersales del golfo de Salamanca (Caribe colombiano), estructura espacio-temporal y caracterización trófica con énfasis en los hábitos alimenticios de *Lutjanus analis* (Cuvier 1828) y *Lutjanus synagris* (Linnaeus 1758), *Balistes capriscus* (Gmelin 1788) y

- Balistes vetula* (Linnaeus 1758). **Trabajo de grado (Biólogo Marino)**. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Bogotá, 185 p.
- Ebert, D. & Bizzarro, J. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). **Environmental Biology of Fishes**, 80: 221–237.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles county, **Science Series**, 28: 188 p.
- Gerking, S. 1994. Feeding ecology of fish. **Academic Press**. New York, 416 p.
- Gómez-Canchong, P., Manjarrés, L., Duarte, L.O. & Altamar, J. 2004. **Atlas pesquero del área norte del Mar Caribe de Colombia**. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia, 229 p.
- Grijalba-Bendeck, M., Polo-Silva, C. & Acero, A. 2007. Una aproximación a la abundancia de los batoideos capturados artesanalmente en Santa Marta (Colombia). **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras**, 36: 251-268.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, 17: 411-429.
- Jiménez, A. & 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, C. 1989. **Ecological methodology**. Harper & Row, Nueva York, 550 p.
- Labropoulou, M. & Eleftheriou, A. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. **Journal of Fish Biology**, 50: 324-340.
- Langton, R. 1982. Diet overlap between the Atlantic cod *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other Northwest Atlantic finfish. **Fishery Bulletin**, 80: 745-759.
- Manning, R. & Felder, D. 1991. Revision of the American Callianassidae (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 104(4): 764-792.
- McCosker, J., Böhlke, E. & Böhlke, J. 1989. Family Ophichthidae. Pp. 254-412. In: **Fishes of the Western North Atlantic. part 9. Orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes**. Sears Foundation of Marine Research, 1: 1055.
- McEachran, J. & Carvalho, M. 2002. Batoid fishes. Pp. 507-589 In: Carpenter, K. (Ed.). The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication**, Roma, 1: 1-600.
- Meglitsch, P. 1972. **Zoología de Invertebrados**. Blume Ediciones, Londres, 906 p.
- Pinkas, L., Oliphant, S. & Iverson, I. 1971. Food habits of albacore, blue tuna, and bonito in California waters. **Fishery Bulletin**, 152: 105-110.
- Pyke, G. 1984. Optimal foraging theory: A critical review. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 15: 523-575.
- Rodloe, A. 1989. Captive maintenance of the lesser electric ray, with observations of feeding behavior. **The Progressive Fish-Culturist**, 51: 37-41.
- Saiz, J. 1986. **Los gusanos sipuncúlidos (Sipuncula) de los fondos litorales y circunlitorales de las costas de la península ibérica, Islas Baleares, Canarias y mares adyacentes**. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Madrid, 84 p.
- Smith, J. & Merriner, J. 1985. Food habits and feeding behavior of the cownose ray *Rhinoptera bonasus*, in lower Chesapeake Bay. **Estuaries**, 8(3): 305-310.
- Smith, P. & Zaret, M. 1982. Bias in estimating niche overlap. **Ecology**, 63 5: 1248-1253.
- Valadez, C., Aguilar, B. & Hernández, S. 2000. Dieta de la raya (*Narcine entemedor*) en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**, 34(1): 1-80.

Received May 2009

Accepted August 2009

Published online December 2009