



EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

TESIS

Hábitos alimentarios de la raya pinta (*Aetobatus narinari*) y
caracterización de sus posibles presas en el sur del Golfo de
México

Francisco Serrano Flores

Consejo tutelar:

Juan Carlos Pérez Jiménez

Iván Méndez Loeza

Unai Marcaida Aburto

Francisco Javier López Rasgado



El Colegio de la Frontera Sur

San Francisco de Campeche, Campeche, 30 de junio de 2017

Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador del alumno:

Francisco Serrano Flores

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

“Hábitos alimentarios de la raya pinta (*Aetobatus narinari*) y caracterización de sus posibles presas en el sur del Golfo de México”

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Comité tutelar:

Tutor: Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez _____

Asesor: M. en C. Iván Méndez Loeza _____

Asesor: Dr. Unai Marcaida Aburto _____

Asesor: Dr. Francisco Javier López Rasgado _____

Sinodal adicional: Dra. Ana Bricia Guzmán Castellano _____

Sinodal adicional: Dr. Yassir Edén Torres Rojas _____

Sinodal suplente: Dr. Manuel Mendoza Carranza _____

Dedicatoria

Para mi esposa Ericka María Vera Hernández

Mis padres Raúl Serrano Mora y Rosario de Guadalupe Flores Media

Mi hermana Mariana Serrano Flores

Mis abuelos, tíos, primos y amigos.

Agradecimiento

Agradezco al Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez y al M. C. Iván Méndez Loeza por las enseñanzas, paciencia y amistad que me brindaron durante estos 5 años de formación, haciendo del trabajo y la escuela una aventura.

A los Dres. Unai Marcaida, Francisco López y Ana Guzmán, por el tiempo que dedicaron para hacer de mi un mejor estudiante y persona. A Esteban Bada, Mercedes Chi, Samanta Villanueva, Edson Flores, Fabián Navarrete y Ericka M. Vera por su colaboración en los muestreos de campo, así como en la identificación y análisis de las presas del contenido estomacal.

Cada integrante del equipo de pesquerías ECOSUR fue de gran ayuda para realizar este trabajo y sin su apoyo no sería posible; pero sobre todo, agradezco su amistad y los momentos que compartimos.

A Matt Ajemian por su orientación en los inicios del proyecto, así como por las discusiones y experiencias compartidas en el Este de Florida.

Al laboratorio MOTE Marine de Florida, incluyendo a los capitanes Dean Dougherty, Peter Hull, Greg Byrd y Tanner Graham, también al Dr. Bob Hueter, Krystan Wilkinson, Brenna DeGroot, Kim Bassos-Hull, por invitarme al muestreo y marcaje de *A. narinari*, la cual fue una gran experiencia. Dr. Carlos Santamaria de la University of South Florida Sarasota Manatee por su apoyo en técnicas moleculares para la identificación de las presas de *A. narinari*. A las organizaciones de Save Our Seas Foundation, Disney Worldwide Conservation Fund and the Mote Scientific Foundation, que incentivan el trabajo colaborativo al brindar apoyo en los viajes. A la Dra. Lisa Hoopes del acuario de Georgia por compartir sus conocimientos y experiencias.

A los sínodos que, con su tiempo y conocimientos, contribuyeron a mejorar este trabajo sugiriendo diferentes enfoques. A los pescadores de la localidad de Seybaplaya y Champotón del estado de Campeche, ya que, gracias a sus experiencias, accesibilidad y visión, se logró estudiar la dieta de *A. narinari* y las presas potenciales del bentos.

Contenido

1. Resumen	13
2. Introducción	14
3. Antecedentes.....	17
4. Justificación	21
5. Hipótesis.....	22
6. Objetivos.....	22
6.1. Objetivo general	22
6.2. Objetivos particulares	22
7. Área de estudio	23
8. Metodología.....	26
8.1 Muestreo de campo.....	26
8.1.1 Recolección de estómagos.	26
8.1.2 Colecta de la fauna megabentónica de la zona de estudio.....	26
8.2 Trabajo de laboratorio.	28
8.2.1 Índice de llenado (ILL) y estado de digestión de las presas del estómago e intestino.....	28
8.2.2 Identificación de las presas del contenido estomacal y de la fauna bentónica en la zona de estudio.....	28
8.3 Trabajo de gabinete.	29
8.3.1 Estructura de tallas y sexo.	29
8.3.2 Calidad del inventario.....	30
8.3.3 Descripción de los hábitos alimentarios de <i>A. narinari</i>	31
8.3.4 Estrategia de alimentación del depredador y los tipos de presa.	32
8.3.5 Análisis de la repartición de recursos de <i>A. narinari</i>	34

8.3.6 Caracterización de la fauna megabentónica de la zona de estudio.	35
8.3.7 Conocimiento Ecológico Local (CEL) de la dieta de <i>A. narinari</i>	37
8.3.8 Comparación entre la dieta de <i>A. narinari</i> y las posibles presas presentes en el área de estudio.	38
9. Resultados.....	39
9.1 Generalidades de los organismos de <i>A. narinari</i>	39
9.1.1 Estructura de tallas.	39
9.1.2 Índice de llenado (ILL) y estado de digestión.	42
9.1.3 Calidad de inventario.	44
9.2 Dieta.....	48
9.2.1 Dieta general.....	48
9.2.2 Descripción de la dieta de hembras y machos, y por grupos de tallas.....	49
9.3 Estrategia de alimentación del depredador y los tipos de presa.	52
9.4 Análisis de la repartición de recursos de <i>A. narinari</i> de diferente talla y sexo.	55
9.5 Características de los puntos de muestreo y de la fauna megabentónica.	58
9.5.1 Descripción de las características de los puntos de muestreo.....	58
9.5.2 Caracterización de la fauna megabentónica de los puntos de muestro.	59
9.6 Conocimiento Ecológico Local (CEL) de la dieta de <i>A. narinari</i>	63
9.7 Comparación entre la dieta de <i>A. narinari</i> y las posibles presas presentes en el área de estudio.....	64
10. Discusión.....	65
11. Conclusión.....	72
12. Literatura citada.....	74
13. Anexos.....	82

Índice de Figuras

Figura 1. Características batimétricas del área de estudio y los principales puertos pesqueros del estado de Campeche (Cuevas-Zimbrón 2010).....	25
Figura 2. Estrategia de muestreo de la fauna megabentónica en la zona de estudio en el sur del Golfo de México.....	27
Figura 3. Diagrama de Costello (1990) para estrategia de alimentación de depredadores y tipos de presas basado en el porcentaje de (Eje x) Ocurrencia y de (Eje y) Abundancia.	33
Figura 4. Frecuencia relativa de las tallas de <i>A. narinari</i> a las cuales se les extrajo estómagos e intestinos, frente a la localidad de Seybaplaya.....	39
Figura 5. Frecuencia relativa de cada grupo de tallas (ancho de disco en cm) para hembras y machos de <i>A. narinari</i> muestreados en Seybaplaya.....	40
Figura 6. Frecuencia de colecta de estómagos e intestinos de <i>A. narinari</i> por año en la localidad de Seybaplaya.....	41
Figura 7. Frecuencia de colecta de estómagos e intestinos de <i>A. narinari</i> por mes en la localidad de Seybaplaya.....	42
Figura 8. (A) Índice de llenado de los estómagos con valores del 1(vacío) al 4 (lleno); y (B) estado de digestión de las presas del (E) estómago e (I) intestino, valores del 1(poco digerido) al 5 (altamente digerido), de <i>A. narinari</i>	43
Figura 9. Curvas de acumulación (con su desviación estándar) de especies-presa encontradas en 154 organismos de (A) ambos sexos, (B) hembras y (C) machos de <i>Aetobatus narinari</i>	45
Figura 10. Diagrama de la clasificación de presas de <i>A. narinari</i> de (A) ambos sexos, (B) hembras y (C) machos, según el porcentaje de contribución gravimétrica y numérica (eje Y), y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (eje X), basado en Costello (1990). Circulo negro=%G, circulo blanco=%N.....	53

Figura 11. Tipo de alimentación que presenta *A. narinari* de ambos sexos (H-M), sólo hembras (H), sólo machos (M) y diferentes grupos de tallas, basado en la contribución gravimétrica y numérica de las presas, según los Índices de Levin's y Shannon-Wiener. Hembras pequeñas (H1), hembras medianas (H2), hembras grandes (H3), machos pequeños (M1), machos medianos (M2) y machos grandes (M3).....54

Figura 12. Escalonamiento multidimensional de la contribución (A) gravimétrica y (B) numérica de la dieta de cada una de los organismos de *A. narinari*. Dividida por sexo: hembras (círculos blancos) y machos (rombos negros); por grupo de tallas: 1 (< 100 cm, círculos blancos), 2 (100 a 120 cm, asteriscos), 3 (> 120 cm, triángulos negros); y grupo de tallas por sexo: hembras pequeñas (< 100 cm, triángulos superiores), hembras medianas (100-120 cm, asteriscos), hembras grandes (> 120 cm, cuadrados), machos pequeños (< 100 cm, triángulos inferiores), machos medianos (100-120 cm, cruces), machos grandes (> 120 cm, rombos).....57

Figura 13. Porcentaje de contribución: frecuencia de ocurrencia (%FO), gravimétrico (%G), numérico (%N) y densidad (%D) de las especies megabentónicas en toda la zona de estudio.....61

Figura 14. Índice de similitud de (A) Jaccard, (B) Bray-Curtis y (C) Morisita-Horn de los transectos (1-4), basado en la densidad de los organismos megabentónicos muestreados en las en el municipio de Seybaplaya.....62

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores de las curvas de acumulación de especies-presa encontradas en grupos de: hembras y macho (H y M) y grupo de talla (Grupo 1: <100 cm, Grupo 2: 100-120 cm y Grupo 3: >120 cm) de diferente sexo de <i>A. narinari</i> . R ² : coeficiente de determinación, Asíntota: valor calculado donde alcanza la asíntota, Pendiente: medida de inclinación de la curva, Sobs: proporción de especies que fueron registradas, Presas: número de especies-presa registradas para cada grupo, n: número de estómagos analizados para cada grupo.....	46
Tabla 2. Análisis estadístico de similitud (ANOSIM) entre estómagos (E) e intestinos (I) de <i>A. narinari</i> , basados en la contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de las presas. R global (G), valores de R y nivel de significancia (P).....	47
Tabla 3. Número de las principales estructuras usadas en la identificación de especies-presa encontradas en el contenido estomacal de <i>A. narinari</i>	48
Tabla 4. Índice de Importancia Relativa (IIR) para las presas encontradas en el contenido estomacal de <i>Aetobatus narinari</i> , en sexos combinados y divididas por sexo. En negrita los valores más altos de IIR.....	51
Tabla 5. Análisis estadístico de similitud (ANOSIM), entre <i>A. narinari</i> de ambos sexos y entre diferentes grupos de tallas. H=hembra, M= macho; Grupo de tallas: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm), basados en la contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de Especies-presa. Valores globales (G), valores de R y nivel de significancia (P).....	56
Tabla 6. Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de los organismos de <i>A. narinari</i> , de diferente sexo (H=hembra, M= macho) y grupo de tallas (H1, H2, H3; M1, M2, M3), basada en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número (%N= numérico) de las principales especies-presa. En negritas los valores más altos.....	57
Tabla 7. Características de los puntos de muestreo (A, B, C) en los transectos (1,2,3,4), P= profundidad, S= tipo de sustrato, V= visibilidad, F= vegetación.....	59

Tabla 8. Densidad por m² de los organismos vivos (epifauna e infauna) colectados en los transectos frente al municipio de Seybaplaya.....60

Anexos

Anexo I. Puertos pesqueros del estado de Campeche donde se captura <i>A. narinari</i> , y descripción del arte de pesca.....	82
Anexo II. Mapa de la batimetría del Noroeste del estado de Campeche y posible zona de pesca (A) de la raya <i>A. narinari</i> en el sur del Golfo de México (Mapa de NOAA´s ETOPO1 Global Gridded 1-minute Database)	83
Anexo III. Guía de identificación de gasterópodos, bivalvos y artrópodos, basada en los tejidos y partes duras que se pueden encontrar en el contenido estomacal de <i>A. narinari</i> .	
Anexo IV. Encuesta a pescadores de Raya pinta del Puerto de Seybaplaya.....	84
Anexo V. Índice de importancia relativa (IIR) de las especies-presa para los diferentes grupos de talla: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm) y sexo (H= hembra y M= macho) de <i>A. narinari</i>	89
Anexo VI. Diagrama de la clasificación de presas de <i>A. narinari</i> hembras (H) y machos (M) de diferentes grupos de tallas (Grupo 1(<100 cm), Grupo 2 (100-120 cm), Grupo 3 (>120 cm)), según el porcentaje de contribución gravimétrica y numérica (eje Y), y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (eje X), n= número de muestra, basado en Costello (1990).....	90
Anexo VII. Análisis estadístico de similitud (ANOSIM) entre Hembras (H), Machos (M) de diferentes Grupo de tallas: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm) de <i>A. narinari</i> , basados en su contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de Especies-presa. R global (G), valores de R y nivel de significancia (P).....	91
Anexo VIII. Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de los organismos del mismo sexo y entre sexos de <i>A. narinari</i> , basada en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número de organismos-presa (%N= numérico) de los grupos de presas y por especie-presa.....	92

Anexo IX. Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de grupos de tallas similares y entre diferentes grupos de tallas de *A. narinari*, basado en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número de organismos (%N= numérico) de las presas.....93

Anexo X. Número de organismos megabentónicos vivos y muertos encontrados en los transectos de muestreo en el municipio de Seybaplaya.....94

Anexo XI. Resultados de las entrevistas a pescadores sobre *A. narinari*: (A) Tipo de fondo donde se encuentra, (B) Si presentan segregación, (C) Causas de agregación, (D) Qué hacen después de la agregación, (E) Especies de presas de *A. narinari*, (F) Método por el que conocen la alimentación de *A. narinari*, (G) Especies de moluscos capturadas con la red de seda, (H) Organismos con alimentación similar.95

Anexo XII. Fotografía de las placas dentarias de un organismo de *A. narinari* con 174 cm de ancho de disco, capturada en la localidad de Seybaplaya, en el estado de Campeche. Mandíbula completa (A), largo de la placa inferior (B), ancho de la placa inferior (C), máxima apertura entre las placas (D), largo de la placa superior (E), y ancho de la placa superior (F).96

Anexo XIII. Comparación entre: Las especies-presa de la dieta de *A. narinari* (dieta), presas potenciales colectadas en los muestreos del bentos (bentos) y presas potenciales colectadas por pescadores de *A. narinari* (pescadores).....97

Anexo XIV. Valores de las curvas de acumulación de presas potenciales encontradas en los puntos de muestreo del bentos en Seybaplaya. R²: coeficiente de determinación, Asíntota: valor calculado donde alcanza la asíntota, Pendiente: medida de inclinación de la curva, Sobs: proporción de especies que fueron registradas, Presas: número de especies-presa registradas para cada grupo, n: número de puntos de muestreos.....98

Anexo XV. Artículo derivado de la tesis.....99

1. Resumen

En las pesquerías del sur del Golfo de México, *Aetobatus narinari* (raya pinta) es el elasmobranquio con mayor valor comercial y la segunda especie de raya más capturada, principalmente de enero a abril. Se desconoce la función que desempeña esta especie en las cadenas tróficas de la región, lo cual hace que ignoremos el impacto que tendría su probable disminución y el de sus posibles presas en el ecosistema. En este estudio fueron analizados estómagos e intestinos de un total de 154 organismos de esta especie, (68 hembras y 86 machos), y se realizaron muestreos de las presas potenciales dentro y fuera de su principal zona de pesca. Las especies-presa más importantes en la dieta de *A. narinari* fueron los gasterópodos, con más del 90% IIR (Índice de Importancia Relativa), y en menor medida los crustáceos con 2.8% IIR. No hubo diferencias en la dieta entre sexos; y la diferencia mínima o nula entre la dieta de las rayas menores < 100 cm (ancho de disco, AD) con las de tamaño medio (100-120 cm AD), y entre las menores con las grandes (> 120 cm AD), fue la única estadísticamente significativa ($R < 0.25$, $P < 0.05$). Sin embargo, el caracol oliva (*Americoliva reticularis*) fue la especie-presa más importante para las rayas menores para ambos sexos; las de tamaño medio consumieron más caracol lancetilla (*Strombus pugilis*) (rayas hembras y machos), caracol blanco (*Lobatus costatus*) (rayas hembras) y con menor importancia *A. reticularis* (rayas macho). Para las rayas hembras de mayor tamaño, las especies-presa más importantes fueron *S. pugilis* y cangrejo ermitaño (*Petrochitus diogenes*), y para los machos fueron en su mayoría *S. pugilis*. Las presas potenciales (vivas) más importantes (frecuencia y peso) en la zona de muestreo del bentos fueron: *S. pugilis* y *P. diogenes*, por lo cual es posible que las rayas de tamaño mediano y grande de ambos sexos se estén alimento en la zona de muestreo, y las rayas más pequeñas solo ocasionalmente.

Palabras clave: Raya pinta, ecología trófica, gasterópodos, presas-potenciales, bentos.

2. Introducción

El conjunto de cadenas tróficas forma redes complejas de interacciones directas e indirectas entre especies, con jerarquías dentro de los niveles tróficos, y con especies omnívoras que simultáneamente se extienden a través de múltiples niveles. Esta complejidad dificulta los esfuerzos para predecir posibles efectos de las actividades antrópicas sobre las poblaciones naturales de organismos (por ejemplo, conocer el alcance que tiene la sobreexplotación de una especie en un ecosistema) (Prugh et al. 2009).

El efecto de cambios en uno o más componentes dentro de una red trófica pueden transmitirse a través del sistema, resultando en cambios en la abundancia y conectividad de otras especies (efecto de cascada trófica). Por lo tanto, la captura de depredadores tope (tiburones de gran tamaño) y mesodepredadores (ubicados en los niveles intermedios de la cadena trófica como rayas y tiburones pequeños) puede resultar en cambios en la abundancia, tamaño de estructura de las poblaciones marinas, parámetros de historia de vida y en caso extremo llegar a la extinción de otras especies (Heithaus et al. 2008). Estas extinciones hacen al ecosistema más vulnerable a otros disturbios naturales o humanos como eutrofización, hipoxia, enfermedades, tormentas y cambios climáticos (Stevens et al. 2000; Jackson et al. 2001; Mourin et al. 2012; Bornatowski et al. 2014).

En los ecosistemas, la depredación y la competencia por los recursos son factores importantes que influyen sobre la estructura de una comunidad, así como también los mecanismos que expliquen la coexistencia intra e interespecifica (repartición de recursos). Algunos de estos mecanismos pueden ser la repartición de hábitat cuando los organismos ocupan diferentes espacios, la alimentación de diferentes presas o diferentes proporciones de estas, y utilizar los recursos en diferentes estadios en su ciclo de vida. También se puede dar el caso, en que una gran diversidad y abundancia de presas permite la explotación de estos por un gran número de depredadores, evitando relaciones competitivas entre las especies de depredadores (Bigelow y Schroeder 1948; Platell et al. 1998; Marshall et al. 2008).

Por lo cual, se realiza la descripción precisa de los hábitos alimentarios que provean los fundamentos para entender las interacciones tróficas en redes de alimentación. Estos estudios están integrados por muchos componentes ecológicos que incluyen comportamiento, uso de hábitat, consumo y transferencia de energía e interacciones inter e intraespecíficas (Mourin et al. 2012; Bornatowski et al. 2014). Como resultado, los estudios de hábitos alimentarios pueden tener diferentes objetivos, como determinar las presas más frecuentemente consumidas (amplitud de nicho) y qué impacto tienen sobre las presas con valor económico (Cailliet 1977; Wetherbee y Cortés 2004; Chipps y Garvey 2006).

Como carnívoros, los elasmobranquios (tiburones y rayas de esqueleto cartilaginoso) consumen un limitado grupo de presas en comparación a los peces teleósteos (peces con esqueleto calcificado), los cuales pueden ser omnívoros, herbívoros y carnívoros. Sin embargo, las presas de los elasmobranquios van desde organismos pequeños como el plancton que son consumidos por grandes especies de filtradores (mantarrayas, tiburón peregrino, tiburón ballena y tiburón de boca ancha), pasando por los que consumen peces teleósteos (principalmente tiburones), hasta los que se pueden alimentar de ballenas (Wetherbee y Cortés 2004). Usualmente ocupan los niveles tróficos más altos, regulando la dinámica de las presas a través de la depredación y modificando su comportamiento (Roff et al. 2016). Dentro de este grupo se encuentran diferentes especies de rayas en varias partes del mundo, los cuales son depredadores importantes de peces e invertebrados en los sistemas demersales y desempeñan una función importante en la estructura de las redes tróficas marinas (Flores-Ortega et al. 2011).

De manera general se sabe que la raya pinta *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790), es un batoideo bento-pelágico nerítico habita comúnmente en aguas superficiales costeras y se puede encontrar solo o en grupos grandes (McEachran y Carvalho 2002). La talla de primera madurez es variable, siendo de 129.2 cm de ancho de disco (AD) para machos y de 134.9 cm de AD para hembras en Venezuela (Tagliafico et al. 2012); y de 122 cm de AD para machos y 124 cm de AD para hembras en Puerto Rico (Dubick 2000).

Anteriormente fue considerada como un mesodepredador cosmopolita, sin embargo, recientes estudios moleculares han demostrado que existe más de una especie en el

mundo, por ejemplo, *Aetobatus ocellatus* (Kuhl, 1823) está distribuida en el oeste del Indo-Pacífico, *Aetobatus narutobiei* (White, Furumitsu y Yamaguchi 2013) en el noroeste del Pacífico, y es probable que las especies *Aetobatus laticeps* (Duméril, 1865) (Pacífico este) y *Aetobatus latirostris* (Duméril, 1861) (Atlántico este) sean reconocidas en unos años, *A. narinari* está distribuida desde Carolina del Norte (Estados Unidos) hasta el sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México (White et al. 2009; Cuevas-Zimbrón et al. 2011; White y Moore 2013; White et al. 2013).

En la costa suroeste de Florida, *A. narinari* muestra una preferencia por aguas costeras con temperaturas de entre 23 y 31°C, y es relativamente común en primavera, verano y otoño, pero escaso en los días más cálidos de verano o en invierno (Bassos-Hull et al. 2014).

A. narinari al ser un mesodepredador se encarga de controlar las poblaciones de las cuales se alimenta, las cuales son principalmente moluscos y artrópodos, por lo cual se le considera un depredador durófago. Sin embargo, en el sur del Golfo de México donde hay una pesquería para esta raya durante todo el año y es considerada un alimento tradicional, se desconocen las relaciones tróficas que desempeña en el ecosistema de la región. Por lo cual, el presente estudio pretende analizar la dieta de *A. narinari* a través del estudio de contenido estomacal, para determinar las especies principales de las cuales se alimenta y señalar las estrategias de repartición de recursos que puedan disminuir la competencia intraespecífica. También se estudiarán las presas potenciales que están presentes en el área donde es capturada *A. narinari* y se harán comparaciones con las especies-presa del contenido estomacal.

3. Antecedentes

Con el tiempo y la necesidad de mejorar la descripción de la dieta, los estudios han cuantificado los tipos de presas encontrados en los estómagos: el número de estómagos con una presa específica (frecuencia de ocurrencia: FO), el número total de una presa específica encontrada en los estómagos (numérico: N); o usando el peso total (gravimétrico: G) o volumen (volumétrico: V) de una presa específica. Sin embargo, cada uno de estos índices ecológicos tienen defectos para señalar cuales son las principales presas que constituyen la dieta del consumidor. Por ejemplo, las presas que son muy frecuentes en los estómagos pueden dar la impresión de ser muy importantes; pero si esta presa es pequeña, representaría solo una pequeña proporción del peso total de la comida ingerida. Por otro lado, si la dieta se expresa en términos de peso o volumen, una sola pieza de gran tamaño puede implicar que sea un componente importante de la dieta, aunque sean pocos los individuos consumidos (Hyslop 1980).

Para sobrellevar estas limitaciones, el estudio de la dieta ha sido frecuentemente reportada en términos de una combinación de varios índices, como el índice de importancia relativa (IIR). Este índice provee una presentación del contenido estomacal en forma intuitiva y aunque su uso aún es debatido, permite comparaciones más directas entre estudios (Pinkas et al. 1970; Wetherbee y Cortés 2004).

Schluessel et al. (2010) describen la alimentación de 119 organismos de *A. ocellatus* en dos sitios de Australia (78 rayas) y uno de Taiwán (41 rayas). El 11.8% y el 12.2% de los estómagos de Australia y Taiwán respectivamente se encontraron vacíos. En los organismos de Australia los moluscos fueron el grupo de presas más importante; y dentro de estos, los gasterópodos de las familias Trochidae (Rafinesque, 1815) y Cerithiidae (Fleming, 1822) fueron las presas que sobresalieron, seguidos por bivalvos, cangrejos ermitaños y equinodermos. También en Taiwán la dieta fue casi exclusivamente compuesta por moluscos, siendo principalmente gasterópodos y en menor medida, bivalvos y crustáceos.

En relación a la biología y ecología de *A. narinari*, Bigelow y Schroeder (1948), describieron varias características (cuanto a su coloración, medidas morfométricas, distribución, hábitat, etc.) con especímenes y en algunos casos partes de ellos, que

recabaron de diversos países e instituciones (Estados Unidos, México, Reino Unido, Bahamas, Puerto Rico, Cuba, Brasil, Venezuela). Uno de los temas que desarrollaron es la alimentación de esta especie, la cual se basa principalmente de moluscos bivalvos, como almejas y ostras, que la raya rompe con sus placas dentales. Según el estudio, separan la carne de la concha de manera precisa, probablemente por medio de sus papilas bucales, ya que en varios estómagos solamente encontraron los cuerpos de las almejas, a menudo prácticamente intactos, sin algún fragmento de concha.

En el contenido estomacal se han encontrado fragmentos de peces, gusanos marinos, camarones y pulpos, por lo que se sabe que su dieta no es exclusivamente de moluscos. Algunos estómagos también contenían algas marinas. Consideran que la *A. narinari* usa la parte que sobresale de la placa dental inferior como una pala para desenterrar presas (crustáceos, moluscos, equinodermos) del fondo arenoso, ayudándose del lóbulo subrostral (rostrum).

Otros estudios desarrollados es el de Randall (1964), en las Islas Vírgenes (Estados Unidos), quien encontró en dos especímenes de *A. narinari*, 41 organismos-presas, incluyendo a *Lobatus gallus* (Linnaeus, 1758) y al caracol rosado *Lobatus gigas* (Linnaeus, 1758), por lo cual consideró que esta raya es una amenaza para las poblaciones de estos gasterópodos. El autor quedó intrigado al no encontrar piezas de conchas ni opérculos en el estómago, incluso propone una explicación al método que emplea para desprender el opérculo del gasterópodo antes de comerlo.

En Bahamas, Iversen et al. (1986) estudiaron los depredadores naturales de *S. gigas*, encontrando una variedad de gasterópodos, crustáceos, tiburones y rayas. Colectó siete ejemplares de *A. narinari*, y en la revisión del contenido estomacal encontró que una de las rayas contenía 14 organismos de *L. gigas*.

Por otra parte, Ajemian et al. (2011-2012) analizaron la dieta de un total de 18 organismos de *A. narinari* y caracterizaron la distribución de sus presas disponibles en diez sitios de Harrington Sound (HS) y Flatts Inlet (Bermuda, Reino Unido). Para el estudio de presas, en cada sitio usaron azarosamente cuadrantes de 50X50cm, cuatro veces a lo largo de un transecto de 25m, en los cual excavaron los primeros 15cm del

área con la mano y colectaron toda la epi- e infauna de invertebrados pasando el sedimento a través de una bolsa de malla de 2mm. Entre todos los sitios muestreados en HS, la almeja tablero de dama *Megapitaria maculata* (Linnaeus, 1758) fue el bivalvo colectado de la infauna más abundante por lo cual alcanzo la máxima densidad por sitio. La almeja *Gouldia cerina* (Adams, 1845) fue el organismo colectado en la mayor cantidad de sitios. El contenido estomacal de las rayas se colectó por medio de lavado gástrico (método no letal) y se encontró una dieta dominada por moluscos. En los 4 organismos de Flatts Inlet no se encontró ninguna presa, sin embargo, las 14 rayas de HS presentaron presas identificables, las cuales fueron observadas en los muestreos del bentos. La almeja tablero de damas, fue considerada la presa de mayor importancia, por estar presente en la mayoría de los estómagos y tener la mayor cantidad de individuos registrados. Se encontraron 5 individuos diferentes (entre hembras y machos) que contenían más de 100 almejas Calicó en su contenido estomacal (con un máximo de 161 almejas). Otras presas presentes en la dieta, pero menos importantes (numéricamente) fueron los bivalvos *Codakia* spp. (Scopoli, 1777), *Anadara notabilis* (Röding, 1789) y *Tagelus divisus* (Spengler, 1794).

En el sur del Golfo de México existen diversas especies de elasmobranquios y muchas de ellas tienen un valor comercial y tradicional en la alimentación de la población costera. Tal es el caso de la raya pinta (*Aetobatus narinari*) capturada en el estado de Campeche, considerada como el elasmobranquio objetivo de aproximadamente 30 embarcaciones menores, dado al alto valor comercial que presenta, con tasas de captura más altas de enero a abril (Cuevas-Zimbrón et al. 2011; Pérez-Jiménez datos sin publicar del 2011 al 2016).

Para la captura de *A. narinari*, los pescadores usan lanchas de fibra de vidrio de 7 - 7.6 m de largo con motor fuera de borda. Siendo los puertos de Seybaplaya y Champotón los principales por el número de embarcaciones de 12 y 8 respectivamente, y aunque ambas localidades están separadas por una distancia aproximada de 32 km (distancia en línea recta) la captura de *A. narinari* (para ambas localidades) se realiza enfrente de Seybaplaya, por lo cual este lugar puede ser considerado como zona de mayor presión pesquera. En estas localidades, la pesca artesanal se realiza con red de

multifilamento, y los viajes son de 1 a 2 días, a una distancia de 8 a 15 km desde la costa y una profundidad de 6 a 8 m, el equipo de pesca permanece en el agua de 8 a 19 horas principalmente durante la noche (Anexo 1) (Cuevas-Zimbrón et al. 201; Pérez-Jiménez datos sin publicar del 2011 al 2016). Sin embargo, actualmente se encuentra catalogada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie casi amenazada debido a su bajo potencial reproductivo y a la pesca intensa y no regulada (Kyne et al. 2006).

La comunidad de Seybaplaya también presenta una pesquería de diversas especies de caracol, entre las que se encuentran: *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758), *T. angulata*, *Busycon* spp., *S. pugilis*, *L. costatus*, *Triplofusus giganteus* (Kiener, 1840), *Melongena* spp. (Schumacher, 1817). La captura de estas especies se practica mediante buceo libre de 4-10 pescadores por embarcación, a una profundidad que varía de los 4 hasta los 7 m, en jornadas de pesca de 4–8 horas (Ortega-Puch 2008).

Con base en la información de pescadores y estudios pesqueros realizados en el área, se encontró que la pesca de *A. narinari* también ha disminuido, probablemente relacionado con: 1) un aumento en el esfuerzo pesquero en el estado, ocasionando una sobreexplotación de *A. narinari* y de algunas de sus especies-presa potenciales: *Turbinella angulata* (Lightfoot, 1786), *Busycon* spp. (Röding, 1798), *Strombus pugilis* (Linnaeus, 1758) y *Lobatus costatus* (Gmelin, 1791), así como 2) el aumento en la población de *Rhinoptera* spp. (Cuvier, 1829), lo cual resulta en competencia por comida y espacio. Sin embargo, a la fecha se desconoce gran parte de la ecología de *A. narinari* en el litoral de Campeche, por ende, no se puede concluir si efectivamente los puntos antes señalados son la razón de la disminución en sus capturas.

4. Justificación

De manera local en Campeche los pescadores de *A. narinari* consideran que las capturas han disminuido en las últimas décadas debido su sobreexplotación, al igual que la de sus presas. Sin embargo, en el Golfo de México no hay reglamentación de su pesquería, la única medida de control es la propuesta por la Carta Nacional Pesquera de no incrementar el esfuerzo pesquero actual en términos de nuevos permisos, concesiones o unidades de pesca (Kyne et al. 2006; DOF 2010; Cuevas-Zimbrón et al. 2011 y 2013). Los pocos documentos con los que se cuenta para la descripción de presas de la especie de estudio, han sido para otras áreas del mundo, en el caso particular de Campeche se desconoce la función que esta desempeña en las cadenas tróficas de la región, lo cual hace que ignoremos qué impacto tendría su probable disminución en los ecosistemas y sobre que especies. Por lo tanto, el presente trabajo pretende conocer los hábitos alimentarios de *A. narinari*, identificando de manera precisa las principales especies-presa de las que se alimente y buscando diferencias en la dieta dependiendo del sexo y tallas del depredador. También el estudio de las posibles presas existentes dentro y fuera de la zona de mayor presión pesquera, la cual podría ser la razón por la cual *A. narinari* se encuentra en esta zona. Con este estudio se podrán sentar las bases para establecer la importancia de la zona de Seybaplaya como probable área de alimentación, así como la generación de futuros estudios de líneas de investigación en conjunto, las cuales ayuden a contestar interrogantes sobre la biología de esta especie, para su protección y la de sus potenciales especies-presa.

5. Hipótesis

Los hábitos alimentarios de la raya pinta (*Aetobatus narinari*), presentan una alta relación con la diversidad de especies megabentónicas presentes en la zona de mayor presión pesquera, en el estado de Campeche.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Describir los hábitos alimentarios de la raya pinta (*Aetobatus narinari*) y caracterizar sus posibles presas en el sur del Golfo de México

6.2. Objetivos particulares

Describir el espectro trófico de la *A. narinari* a través del análisis del contenido estomacal.

Determinar la estrategia de alimentación del depredador y los tipos de presa.

Determinar la repartición de recursos de *A. narinari*.

Caracterizar los puntos de muestreo y la fauna megabentónica.

Recopilar el conocimiento ecológico local de la dieta de *A. narinari*.

Comparar los hábitos alimentarios de *A. narinari* con la disponibilidad de presas dentro y fuera de la zona de mayor presión pesquera.

7. Área de estudio

El estado de Campeche tiene una extensión territorial de 56858.82 km² y se localiza en el sureste de la República Mexicana, formado parte de la península de Yucatán. Sus coordenadas geográficas extremas son: latitud norte 20°52' y 17°48'; longitud oeste 89°06' y 92°27'. Limita al norte y nordeste con el estado de Yucatán, al sur con la República de Guatemala y el estado de Tabasco; al este con el estado de Quintana Roo y la República de Belice, y al oeste con el Golfo de México (Figura 1) (Posada et al. 2013).

Por estar ubicado en la zona tropical, presenta un clima cálido húmedo, con lluvias sobre todo en verano, que alcanza niveles variables de precipitación entre 900 y 2000 mm anuales; los valores mínimos se presentan a finales de invierno y principios del verano. Se reporta la presencia de canículas en una franja que bordea la zona nordeste de la laguna de Términos y en una porción del norte de la entidad. La temperatura media anual es de 27 °C, con valores máximos medios de 36 °C en verano y mínimos de 17 °C en invierno, aunque se registran valores históricos máximos de 46 °C y mínimos de 10 °C (Posada et al. 2013).

Los vientos que soplan sobre Campeche tienen el siguiente comportamiento durante el año: los vientos procedentes del noroeste se presentan fundamentalmente en los meses de noviembre a marzo. Para los meses de septiembre y octubre el viento que viene del norte tiende a alinearse de dirección este-oeste. Durante los meses de junio a agosto los vientos que afectan esta región proceden del sureste; en mayo y abril estos vientos tienden poco a poco a orientarse en dirección sur-norte (Gío-Argáez et al. 2002).

En general las brisas marinas que soplan del nordeste durante gran parte del año son los vientos dominantes. Hay tres principales periodos climáticos en el sur del Golfo de México. Secas de febrero/marzo a junio, corresponde a la mínima descarga de ríos y es dominado por vientos del este (Boicourt et al. 1998). Temporada de lluvias de junio/julio hasta septiembre con dos picos de máxima precipitación que corresponde a la máxima descarga de ríos y la influencia de los vientos del este. Nortes de octubre a marzo que pueden extenderse hasta abril, con una frecuencia de frentes fríos con dirección norte a nordeste y vientos con una velocidad de 21 a 30 m/s de 3 a 5 días de duración. (Hernández-Arana 2003).

En invierno los “Nortes” o tormentas de invierno, que son masas de aire frío y seco que se desplazan del nordeste, originándose en el norte de Estados Unidos y sur de Canadá, al cruzar el Golfo de México recogen humedad, la cual precipitan en esta zona causando lluvias de noviembre a enero. En los meses de verano la región es visitada por ciclones tropicales (Posada et al. 2013).

El litoral del estado de Campeche tiene una extensión de 523.3 km, y en general es arenoso y bajo; es tan bajo en algunos lugares como Seybaplaya y Champotón, que por las tardes se retira el mar a más de 500 m de la orilla (Rivera-Arriaga et al. 2012). La temperatura superficial del mar presenta una variación estacional, siendo en invierno de 22.5 a 23.5 °C hacia la parte occidental de la bahía, y entre 23.7 y 25 °C en la zona oriental, durante el verano aumenta a 25 y 28.9°C (Gío-Argaez et al. 2002).

Dentro del Golfo de México tenemos la zona conocida como banco de Campeche, que presenta una plataforma continental cuya amplitud varía de 216 km frente a Yucatán, entre 30 y 55 km frente la costa de Campeche y de 5 a 30 km hacia el oeste del Estado; su profundidad varía de los 10 a 200 m y cuenta con una superficie de 66770 km². El talud continental conocido como cañón de Campeche se extiende desde el borde de la plataforma hasta profundidades que van desde 2000 a 3500 m (Gío-Argaez et al. 2002). Los sedimentos depositados en el área son muy finos (arcillosos) en su porción norte y oeste; aumentan su espesor (limosos, arenosos y gravilentos) en el este, para volver a reducirlo a muy fino en el sur. Todos estos sedimentos son de composición calcárea y margosa (Posada et al. 2013).

Las descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta y San Pedro-San Pablo, los “nortes” y la intrusión de agua oceánica de la corriente del Caribe son los principales procesos físicos que rigen en la plataforma de Campeche (Monreal-Gómez et al. 1992; Vidal et al. 1994). El patrón de circulación del agua es impulsado por la corriente del Caribe durante la primavera y el verano, con dirección sur a suroeste, mientras que durante el otoño e invierno el flujo se revierte a una dirección de este a nordeste (Boicourt et al. 1998).

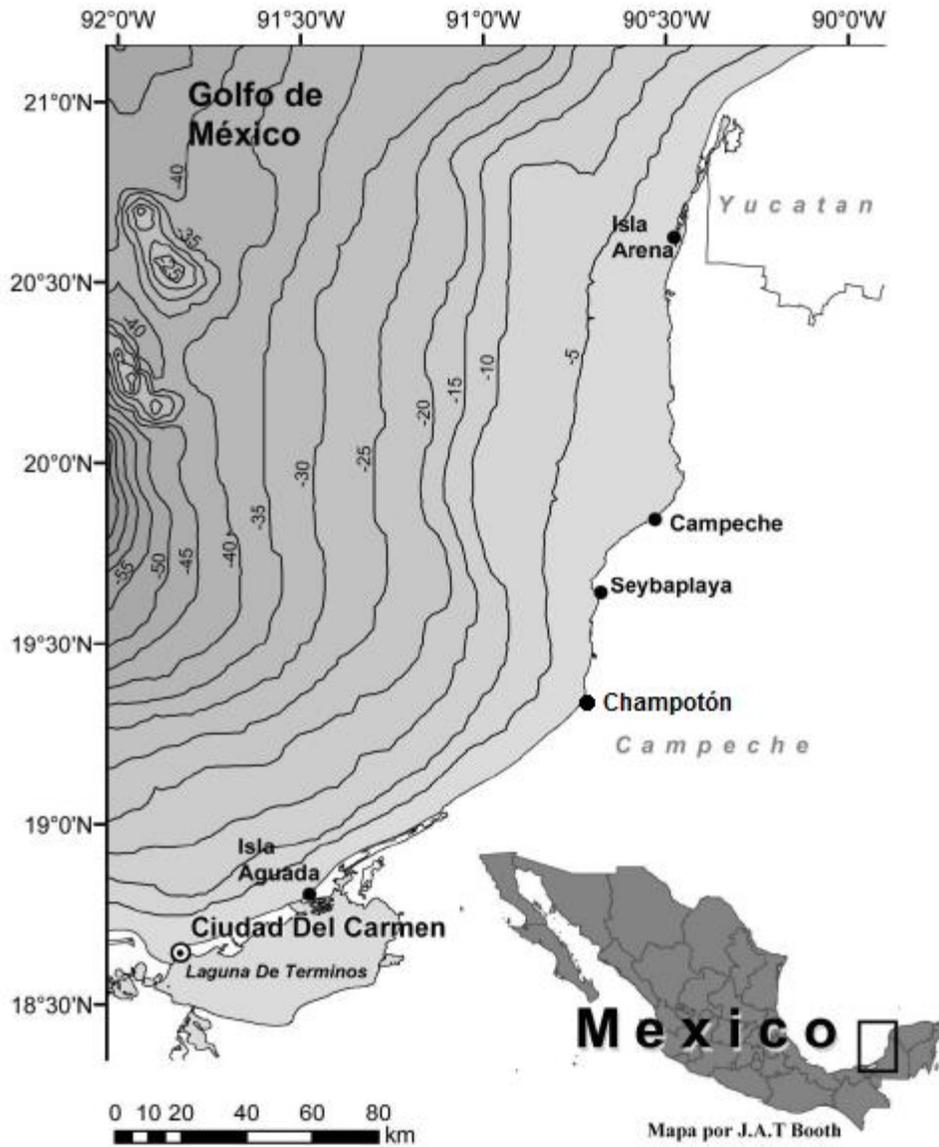


Figura 1. Características batimétricas del área de estudio y los principales puertos pesqueros del estado de Campeche (Cuevas-Zimbrón 2010).

8. Metodología

8.1 Muestreo de campo.

8.1.1 Recolección de estómagos.

Los muestreos se realizaron en los municipios de Seybaplaya y Champotón, del estado de Campeche, a partir de los desembarcos de pescadores que capturan esta especie (*A. narinari*) o en bodegas de las mismas comunidades, desde el año 2013 al 2016. De cada organismo se colectó el estómago e intestino (fueron congelados en el laboratorio para detener o disminuir la digestión), además los datos biológicos como: la fecha, localidad, ancho de disco en centímetros (AD) y sexo (de acuerdo a la presencia de estructuras modificadas para la reproducción presentes en machos y ausentes en hembras) fueron anexados a una bitácora de muestreo.

8.1.2 Colecta de la fauna megabentónica de la zona de estudio

Considerando la aportación en el estudio de Cuevas-Zimbrón et al. (2011) y Pérez-Jiménez (datos sin publicar del 2011 al 2016), la colecta de la fauna megabentónica se realizó en las localidades de Seybaplaya y Champotón, debido a que sus zonas de pesca de *A. narinari* se encuentran de 8-15km de la costa de Seybaplaya, con una profundidad de 6-8m (Anexo 2). Esta información se corroboró a través de entrevistas a pescadores de la misma zona realizadas en enero de 2016, lo cual ayudó a georreferenciar un polígono que representa la “zona con mayor presión pesquera”. Posteriormente se realizaron cuatro transectos paralelos a la costa de Seybaplaya, empezando a los 5km (DDC: distancia desde la costa) y continuando con intervalos de 5km (5, 10, 15, 20 km DDC), buscando tener variaciones de profundidad (entre 6 y 12m aproximadamente), cada transecto contó con tres puntos de muestreo separados por 3km. En total se realizaron 12 puntos de muestreo, seis dentro de la zona de mayor presión pesquera y los otros seis en zonas con menor presión pesquera (Figura 2).

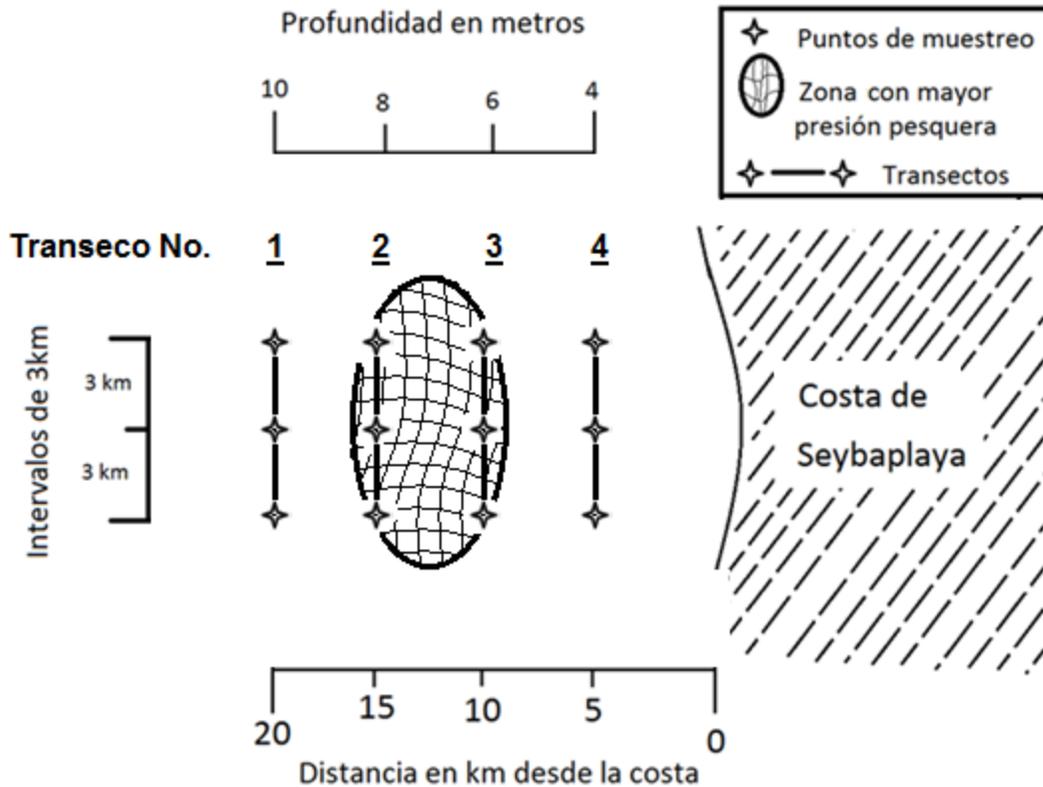


Figura 2. Estrategia de muestreo de la fauna megabentónica en la zona de estudio en el sur del Golfo de México.

En el presente estudio se realizaron dos ciclos de muestreo durante los meses de febrero (días: 22 y 23), marzo (días: 14, 15, 17) y abril (día: 12) de 2016. En cada punto de muestreo (PM) de los transectos se realizaron inmersiones a través de buceo autónomo, colocando sobre el fondo dos cuadrantes (original y replica) de 0.5 m x 0.5 m (Eleftheriou y McIntyre 2005). Para colectar la megafauna (moluscos y cangrejos ermitaños) de los primeros 15 cm de sedimento (infauna) se usó una pala y la muestra se depositó en cubetas con orificios de aproximadamente 20 mm para evitar extraer microorganismos, agua y sustrato que no fuese necesario. También se colectó la epifauna que fue visible dentro de los primeros 4 m de diámetro alrededor del cuadrante (Alfonso y López 2005).

A bordo de una embarcación con motor fuera de borda, se manipularon las muestras colectadas agregando una etiqueta con datos de ubicación (por medio de GPS), profundidad, fecha, visibilidad y tipo de sustrato; la megafauna que se encontró fue

congelada y almacenada para su posterior análisis en el laboratorio de ecología pesquera en ECOSUR. Para el estudio del bentos se contó con el esfuerzo de 8 personas de las cuales dos son pescadores que manejaron la embarcación, el resto se turnaron para el buceo y procesamiento de las muestras.

8.2 Trabajo de laboratorio.

Los órganos (estómago e intestino) fueron descongelados a temperatura ambiente y su contenido fue filtrado en un tamiz de 1 mm de apertura, para tener hasta las partes más pequeñas de las presas digeridas.

8.2.1 Índice de llenado (ILL) y estado de digestión de las presas del estómago e intestino.

Se realizó una estimación de llenado del estómago e intestino con la finalidad de obtener una aproximación de la intensidad con la que estaba comiendo *A. narinari* al momento de su captura. El índice de llenado es una estimación subjetiva que se realiza antes de abrir el órgano y va de 0 a 4, donde, 0 = 0% (vacío), 1 = 25%, 2 = 50%, 3 = 75% y 4 = 100% (lleno) (Cailliet 1977).

Para determinar el estado de digestión con el que se encontraron las presas, se les asignó un valor que va del 1 al 5, siendo 1 cuando las presas fueron recién ingeridas, y la digestión aún no se inicia, por lo cual pueden ser fácilmente identificadas; 2 cuando tiene poca digestión; 3 cuando la presa está dividida y digerida; 4 cuando es reconocible pero difícil de contar y 5 cuando el contenido estomacal está digerido y es irreconocible.

8.2.2 Identificación de las presas del contenido estomacal y de la fauna bentónica en la zona de estudio.

El análisis del contenido estomacal y de las muestras colectadas del bentos se llevaron a cabo en el laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR Unidad Campeche, donde la identificación de las presas del estómago (de *A. narinari*) y las presas potenciales del bentos, se realizó hasta el menor nivel taxonómico posible con base en guías especializadas de moluscos y cangrejos ermitaños (Williams 1984; González 1998; Hernández et al. 2005; Mikkelsen y Bieler 2008; Tunnell et al. 2014).

Debido a la forma en que se alimenta *A. narinari* (triturando sus presas, expulsando la concha y tragando solo los tejidos), se creó una guía de presas potenciales (usando los organismos colectados en la zona de estudio y los adquiridos por los pescadores de *A. narinari* en la misma zona) describiendo características que fueron útiles para la identificación de las presas (con base en Ajemian 2011), con especial énfasis en los tejidos blandos. Para moluscos (gasterópodos y bivalvos), las características fueron coloración, textura, forma, opérculos, ojos y rádulas; para los crustáceos se usaron partes duras como cefalotórax, quelas y ojos. Ya que los gasterópodos y artrópodos (crustáceos) fueron más frecuentes (tanto en el estómago de *A. narinari* como en el bentos) y cuentan con estructuras duras que resisten la digestión, la identificación de estos grupos fue más fácil y exacta, pudiendo llegar en algunos casos a nivel de especie o familia. En el caso de bivalvos, la ausencia de conchas o alguna estructura dura en el contenido estomacal, dificultó la identificación por lo cual nos limitamos a separarlos por color y forma del pie. Los equinodermos fueron identificados por una estructura dura de la boca (lámpara de Aristóteles), pero debido a su poca frecuencia y estado de digestión solo llegamos hasta phylum (Anexo 3).

Cuando no se logró reconocer si era un gasterópodo o un bivalvo, se le asignó el nombre de Moluscos sin identificar (SI); Gasterópodos SI y Bivalvos SI se usó cuando sólo se estuvo seguro de la clase a la que pertenecen las presas; *Strombus* SI y *Busycon* SI cuando solo se reconoció el género al que pertenecen.

8.3 Trabajo de gabinete.

8.3.1 Estructura de tallas y sexo.

Se graficó la frecuencia de tallas y sexo de los organismos de *A. narinari* a los cuales se les analizó el contenido estomacal. Debido a que la mayoría de los organismos de *A. narinari* muestreados fueron juveniles, se crearon tres grupos artificiales basados en las tallas (ancho de disco), para poder hacer comparaciones e identificar diferencias en la alimentación a lo largo del crecimiento (basado en Schluessel et al. 2010). Los grupos fueron: rayas <100 cm (Grupo 1), rayas de 100-120 cm (Grupo 2) y rayas > 120 cm (Grupo 3).

8.3.2 Calidad del inventario.

El tamaño de muestra se evaluó graficando el número acumulativo de presas contra el número acumulativo de estómagos analizados (Cailliet 1977). Mientras el tamaño de muestra aumenta (# de estómagos), la variación (y riqueza de especies) tiende a disminuir, y entonces la curva alcanza una asíntota, donde rara vez aparece un nuevo tipo de presa en la dieta. Cuando se alcanza la asíntota se considera que se tiene una muestra representativa. Este análisis se realizó para ambos sexos y diferentes grupos de tallas, con el programa Estimate Version 9 (Colwell 2013) y la ecuación de Clench para calcular la pendiente. Cuando el valor de la pendiente es menor a 0.1 nos indica que hemos logrado un inventario bastante completo y altamente fiable; y la proporción de fauna (presas) que fue registrada también nos da idea de la calidad del inventario, con valores que van de 0 (mala calidad del inventario) a 100% (buena calidad del inventario) (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

Ecuación de Clench:	R ²	Asíntota:	Pendiente:	Proporción de la fauna registrada:
$S_n = \frac{a \cdot n}{(1 + b \cdot n)}$	$1 - \left(\frac{\sum (S_{n_i} - \widehat{S_n})^2}{\sum (S_{n_i} - \overline{S_n})^2} \right)$	$\frac{a}{b}$	$\frac{a}{(1+b \cdot n)^2}$	$\frac{\text{Sobs}}{a/b}$

a= tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario.

n=unidad de esfuerzo de muestreo.

b= parámetro relacionado con la forma de la curva.

S_{n_i} = datos observados.

$\widehat{S_n}$ = datos esperados.

$\overline{S_n}$ = promedio de los datos observados.

Sobs= número de especies registradas.

8.3.3 Descripción de los hábitos alimentarios de *A. narinari*.

Del análisis del contenido estomacal se obtuvieron tres estimaciones, que combinadas permiten conocer la importancia total de cada presa (Hyslop 1980):

- Frecuencia de ocurrencia (%FO).

Es la proporción de estómagos en la cual una presa fue encontrada.

- Abundancia numérica (%N).

Porcentaje del número de individuos de un tipo de presa particular en relación con el total de presas en todos los contenidos estomacales combinados.

- Abundancia gravimétrica (%G).

Porcentaje en peso que comprende un tipo de presa del total de peso de todo el contenido estomacal, para ello se usó el peso húmedo con una balanza de precisión de 0.01 g.

- Índice de Importancia Relativa (IIR).

Para visualizar la importancia de la presa por separado (por localidad y sexo) se usó el porcentaje por número (N), porcentaje gravimétrico en peso (G) y la proporción de estómagos que contienen cada tipo de presa (F), y se calculó el Índice de Importancia Relativa (Pinkas et al. 1970)

$$IIR = (\%N + \%G)(\%F)$$

El intervalo de valores de IIR es como mínimo 0 y máximo 20,000 (Pinkas et al. 1970).

Para obtener valores porcentuales del IIR (0-100%) que permitan una mejor comparación entre la importancia relativa de cada presa en la dieta de *A. narinari*, se usó la siguiente fórmula (Cortés 1997):

$$\%IIR = 100IIRi / \sum_{i=1}^n IIR i$$

Estos índices se emplearon para los agrupamientos de todos los estómagos, por sexo y por intervalo de talla de *A. narinari*.

8.3.4 Estrategia de alimentación del depredador y los tipos de presa.

Costello (1990) usa el porcentaje de Frecuencia de ocurrencia (%FO) y dependiendo de las características de las presas sugiere usar la abundancia numérica (%N) o gravimétrica (%G) de las especies-presas, para graficarlas y determinar cuáles son las presas dominantes y raras en la dieta.

Las presas más cercanas a un valor de 100% de ocurrencia (%FO) y a 100% de abundancia (%G o %N) son consideradas especies-presa dominantes. Por el contrario, presas con valores de ocurrencia y abundancia cercanos a 1% son consideradas raras en la dieta (Figura 3).

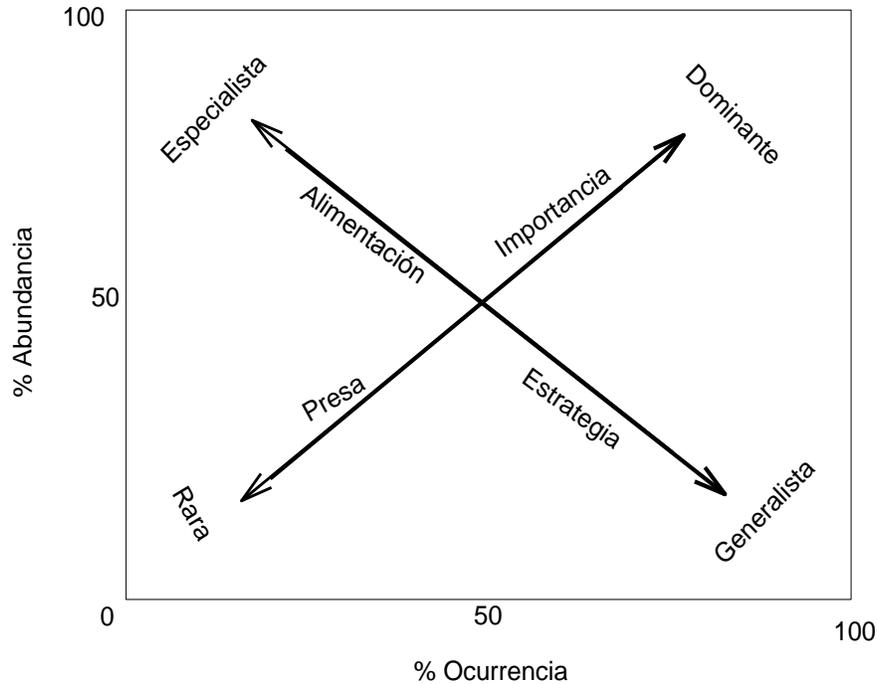


Figura 3. Diagrama de Costello (1990) para estrategia de alimentación de depredadores y tipos de presas basado en el porcentaje de (Eje x) Ocurrencia y de (Eje y) Abundancia.

Con base a las contribuciones numéricas (%N) y gravimétricas (%G) de las presas (esto evita sobrestimar a las más numerosas o a las de mayor peso) de *A. narinari*, se calcularon los índices de Levin´s y Shannon-Wiener, para determinar el tipo de estrategia alimentaria. Ambos índices son complementarios, ya que el primero otorga mayor peso a las presas abundantes y el segundo da mayor peso a las presas más raras. Por lo cual, se realizó una gráfica con los resultados de cada índice, donde se determina que grupos de organismos de *A. narinari* presentaron una dieta especialistas o generalistas para ambos índices o solo para uno u otro.

- Índice de Levin´s (Krebs 1985).

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

Donde:

B_i = Índice de Levin´s para el depredador (*A. narinari*)

P_{ij}= Proporción de cada una de las presas que conforman la dieta del depredador

N=Número total de presas

Los valores de este índice van de 0 a 1. Los valores menores a 0.6 indican que la dieta está dominada por unas pocas especies de presa; por lo tanto, sería un depredador especialista, valores mayores a 0.6 indican dietas de depredadores generalistas.

- Índice de Shannon-Wiener (Krebs 1985):

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_{ij})(\ln P_{ij})$$

Donde:

H= Índice de Shannon-Wiener

S=Número total de presas identificadas

P_{ij}= Proporción de cada una de las presas que conforman la dieta del depredador

ln=logaritmo natural

Los valores de este índice van de 0 a 6; menores a 3 indicarían una dieta poco diversa (especialista), que es dominada por pocas especies, en cambio, valores mayores a 3 indicarían una dieta dominada por varias especies (generalista) (Krebs 1985).

8.3.5 Análisis de la repartición de recursos de *A. narinari*.

Con los resultados obtenidos de la dieta de *A. narinari* (abundancias numéricas y gravimétricas de las presas) se realizó una prueba no paramétrica que evalúa la similitud estadística (ANOSIM) entre la dieta de *A. narinari* de diferentes sexo y tallas para tratar de explicar la repartición de recursos (presas) que se lleva a cabo entre los organismos de esta especie. El análisis compara las varianzas dentro del grupo y entre grupos y arroja un valor (R), considerando que R > 0.75 implica una separación definida, R > 0.50 es una diferenciación clara, R > 0.25 es una separación reducida, y R ~ 0 es una separación pequeña o nula. También se obtuvo el porcentaje de similitud (SIMPER) para

determinar qué presa es la que mejor representa a los diferentes grupos y cuáles son las que los distinguen; ambos análisis se realizaron con el programa Primer V 6.0 (Clarke y Warwick 2001).

8.3.6 Caracterización de la fauna megabentónica de la zona de estudio.

Para caracterizar la fauna megabentónica, el phyla Mollusca y Arthropoda (solo cangrejo ermitaño) se clasificaron en dos grupos dependiendo de las características donde fueron encontrados: Epifauna (que habitan en la parte superior de los sedimentos) e Infauna (que habitan dentro de los sedimentos) y se calculó su densidad por m².

Para el total de las muestras se obtuvieron tres indicadores de abundancia: la especie que estuvo presente en la mayoría de los puntos de muestreo (%FO), la que cuenta con mayor número de organismos en todo el muestreo (%N), la que tuvo la proporción gravimétrica más alta en relación a todas las especies (%G) y la mayor densidad por m² en comparación con el resto de los organismos (%D), que combinadas sirven para conocer cuál es la presa-potencial más importante en la zona de estudio (Índices adaptados de Hyslop 1980).

Basado en la densidad de los organismos megabentónicos se realizaron comparaciones de riqueza específica (índice de Jaccard) y estructura de especies compartidas con índices que consideren sus abundancias (Índice de Bray-Curtis y Morisita-Horn) entre los puntos de muestreos (PM) y los transectos, con el programa PAST versión 3.14 (Bray y Curtis 1957; Stilling 1999).

- Índice de similitud de Jaccard (Stiling 1999)

$$I_j = \frac{c}{(a + b - c)}$$

Donde:

a= número de especies en el sitio A

b= número de especies en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas
El intervalo de este índice va desde “0” cuando no hay especies compartidas, hasta “1” cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies. El resultado se puede multiplicar por 100 para tener en porcentaje la similitud de riqueza.

- Índice de Bray-Curtis (1957) o cuantitativo de Sorensen que es un coeficiente de similitud-cuantitativo

$$I_j = \frac{2pN}{(aN + bN)}$$

Donde:

aN= número total de individuos en el sitio A

bN=número total de individuos en el sitio B

pN=sumatoria de la abundancia más baja en cada una de las especies compartidas entre ambos sitios

Cuando el valor este cercano a “1” la estructura de los sitios en base a las abundancias de las especies será más similar, a diferencia de un valor cercano a “0” donde la estructura será muy diferente entre sitios.

- Índice Morisita-Horn (1959)

Las ventajas de este índice es que la influencia de la riqueza de especies y el tamaño de la muestra son poco significativas. Sin embargo, es frecuentemente influenciado por la abundancia de las especies comunes.

$$I = \frac{2\sum(an_i bn_i)}{(da + db)aNbN}$$

a_{ij} = número de individuos de la j ésima especie en el sitio A

b_{ij} = número de individuos de la j ésima especie en el sitio B

$$d_a = \sum a_{ij}^2 / aN^2$$

$$d_b = \sum b_{ij}^2 / bN^2$$

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

8.3.7 Conocimiento Ecológico Local (CEL) de la dieta de *A. narinari*.

El CEL está compuesto de diversas ramas, siendo las principales: la percepción de la naturaleza que incluye la formación de teorías, marcos de referencia y ejemplos para entender como las personas perciben y categorizan la naturaleza; el uso de la naturaleza, el cual considera como las personas perciben y usan los recursos naturales locales, qué recursos son importantes para su sustento, y que tipos de prácticas de manejo son usadas para su extracción; y el CEL como un conductor y contribuidor al conocimiento biológico convencional (Fisher et al. 2015).

Uno de los problemas en el manejo pesquero son los datos pobres que se tiene de las pesquerías de pequeña escala, por lo cual, generar conocimiento acerca de la biología de las especies debe ser uno de los requisitos básicos. En el caso de la información que se tiene de la dieta de diversas especies peces, está puede variar dependiendo de las presas que están localmente disponibles y otros factores como su comportamiento, tipo de presas, si estas se agregan o migran y cuando se reproducen. Por lo cual, el conocimiento que se tiene sobre la dieta de *A. narinari* no debe ser generalizado y por lo tanto localmente aplicado, y una forma de abordar estos temas fue incorporando un enfoques *etic* y *emic* (Harris 1976). El enfoque *etic* se basó en la directa observación de los estómagos y el *emic* con las entrevistas para conocer el CEL que tienen los pescadores sobre la dieta de esta especie (Begossi y Silvano 2008; Silvano et al. 2008; Fisher et al. 2015).

Las entrevistas se realizaron durante los meses de enero y febrero del 2016 en el puerto de Seybaplaya, con la finalidad de completar la información que se obtuvo de los muestreos de la fauna megabentónica, así como recabar el conocimiento local que se tiene sobre las posibles presas, el método por el que llegaron a esta conclusión, y otras características relacionadas con comportamiento, preferencia de hábitat, principales depredadores y especies con las que compiten por recursos (Anexo 4).

Las entrevistas se realizaron con el método no azaroso de “bola de nieve”, el cual se inició identificando a unos pocos pescadores que cumplían los criterios de interés para el estudio (que se dediquen a la captura de *A. narinari*), y luego se les preguntó por otros pescadores que recomendaran y que también cumplieran con los criterios (Bhattacharjee 2012).

8.3.8 Comparación entre la dieta de *A. narinari* y las posibles presas presentes en el área de estudio.

Conociendo la riqueza específica, frecuencia de ocurrencia (%FO), importancia gravimétrica (%G), frecuencia numérica (%N) de las especies megabentónicas muestreadas en la zona de estudio y las identificadas como más importantes (basado en %FO, %G y %N) en la dieta de *A. narinari* en sus diferentes tallas, se determinó si existe alguna similitud (entre las presas-potenciales del bentos y las presas del contenido estomacal de *A. narinari*) o si el área de estudio es una posible zona de alimentación.

9. Resultados

9.1 Generalidades de los organismos de *A. narinari*.

9.1.1 Estructura de tallas.

Fueron analizados un total de 154 organismos (154 estómagos y 110 intestinos), 68 hembras y 86 machos. La longitud promedio de ancho de disco (AD) fue de 99.7 cm ($\sigma=19.87$) y 103.5 cm ($\sigma=19.83$) para hembras y machos, respectivamente (Figura 4); además el grupo de *A. narinari* con AD mayor a 120 cm fue el menos representado (Figura 5).

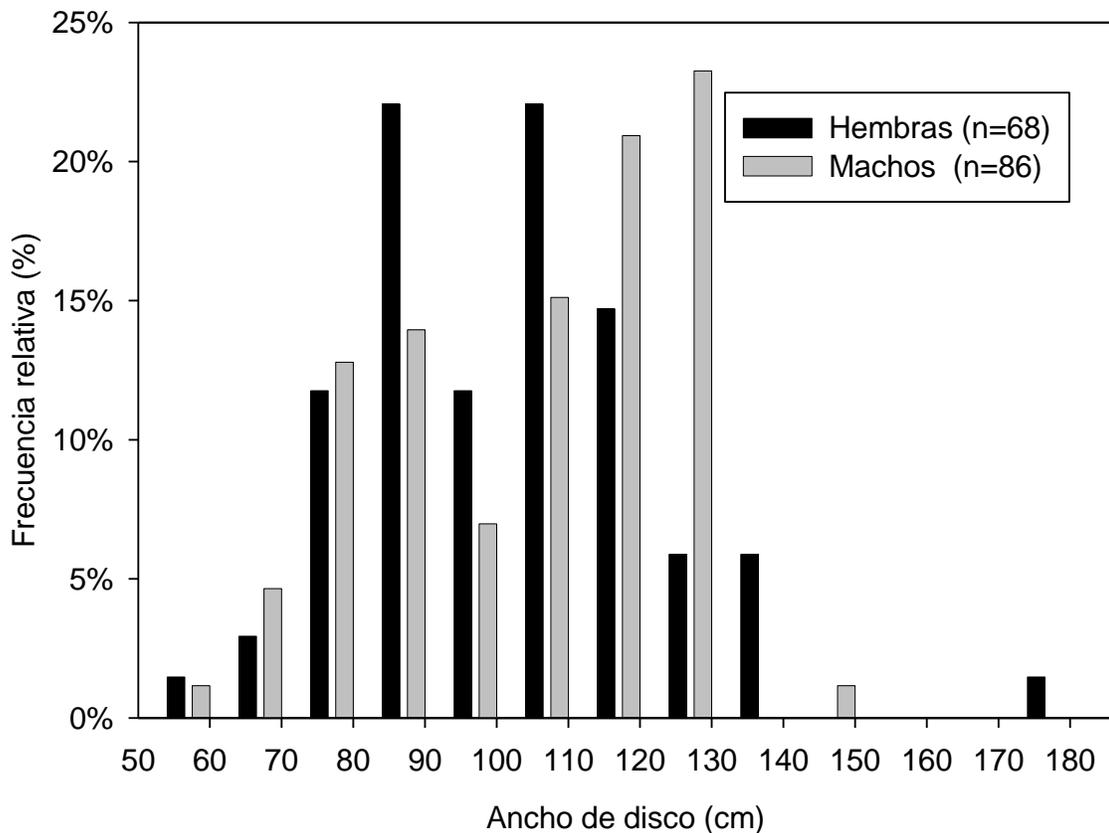


Figura 4. Frecuencia relativa de las tallas de *A. narinari* a las cuales se les extrajo estómagos e intestinos, frente a la localidad de Seybaplaya.

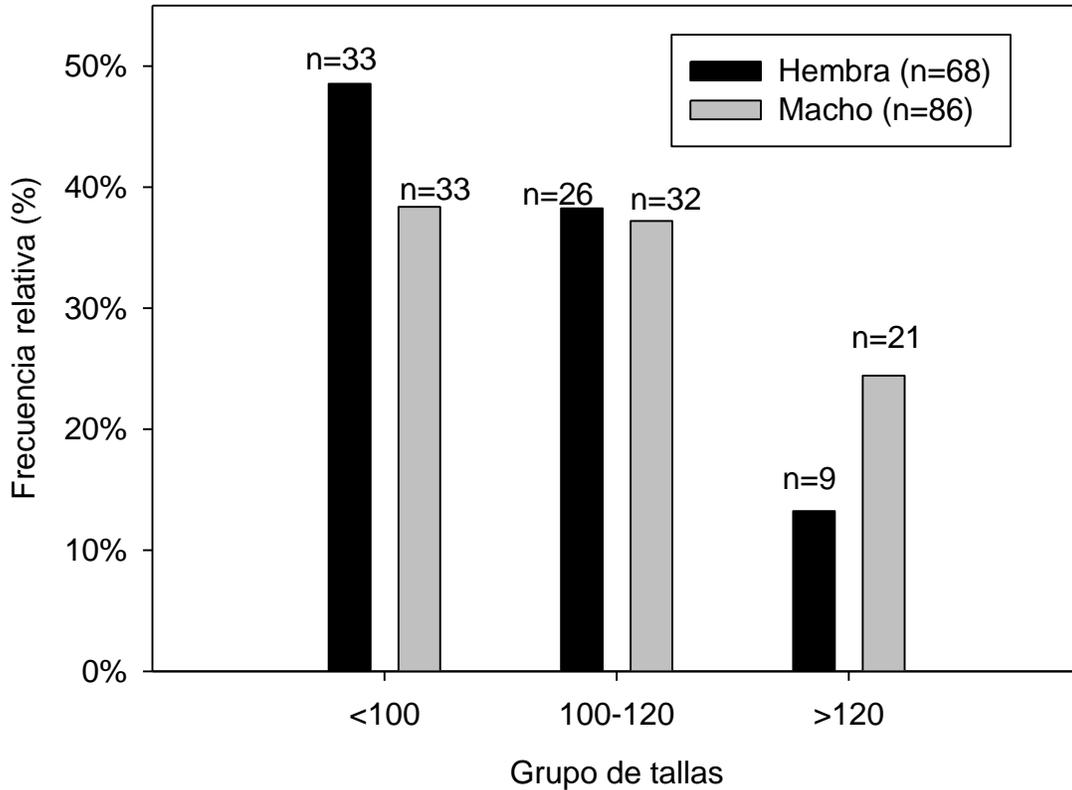


Figura 5. Frecuencia relativa de cada grupo de tallas (ancho de disco en cm) para hembras y machos de *A. narinari* muestreados en Seybaplaya.

La colecta de estómagos e intestinos se llevó a cabo desde el año 2013 al 2016, pero con mayor frecuencia en el 2015, principalmente entre los meses de enero y junio. De los cuales solo 10 muestras fueron de la localidad de Champotón y el resto de Seybaplaya, por lo cual se presentan los datos combinados. Se recolectó una mayor cantidad de estómagos en los meses de marzo y junio para ambos sexos (Figura 6 y 7).

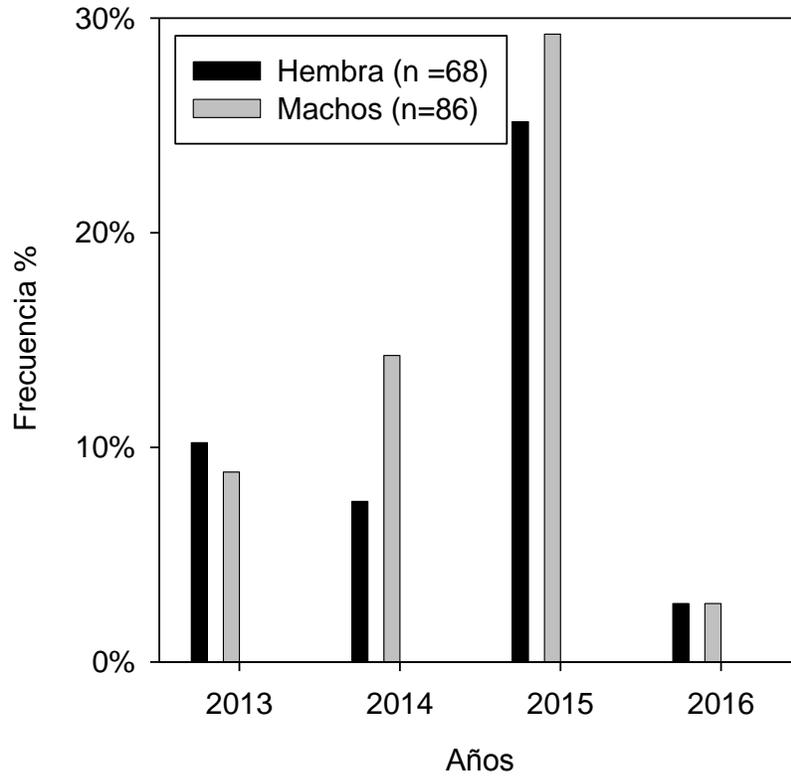


Figura 6. Frecuencia de colecta de estómagos e intestinos de *A. narinari* por año en la localidad de Seybaplaya.

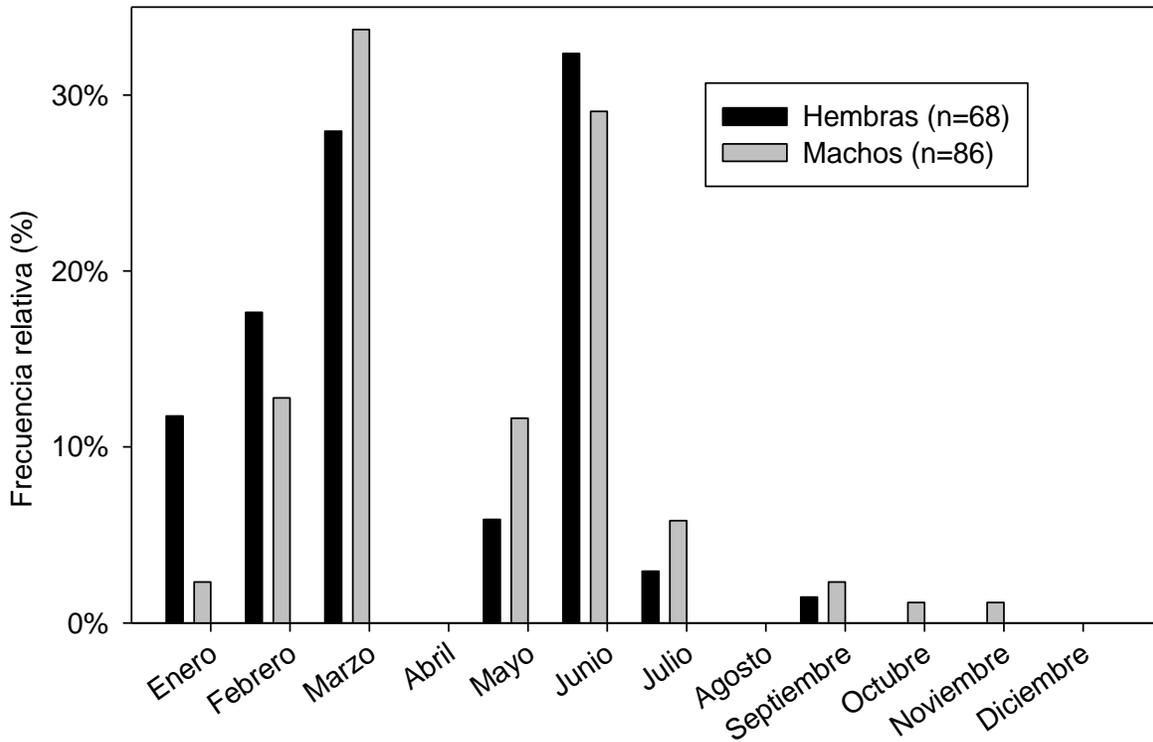


Figura 7. Frecuencia de colecta de estómagos e intestinos de *A. narinari* por mes en la localidad de Seybaplaya.

9.1.2 Índice de llenado (ILL) y estado de digestión.

El 46% (n= 71) de los estómagos estaban al 50% de su capacidad, y sólo el 3% (n=6) presentó el nivel más alto (aparentemente lleno) (Figura 8 A). Los intestinos no presentaron variaciones en el índice de llenado, por lo cual fueron eliminados de este análisis.

En cuanto al estado de digestión de las presas, el 45% de los estómagos y el 49% de los intestinos contenían presas con el nivel más alto de digestión (#5); el 22% de estómagos y el 30% de intestinos con un estado de digestión #4, el resto de los estómagos (33%) e intestinos (21%) tuvieron presas con niveles bajos de digestión (#1-3), principalmente en el intestino (Figura 8 B).

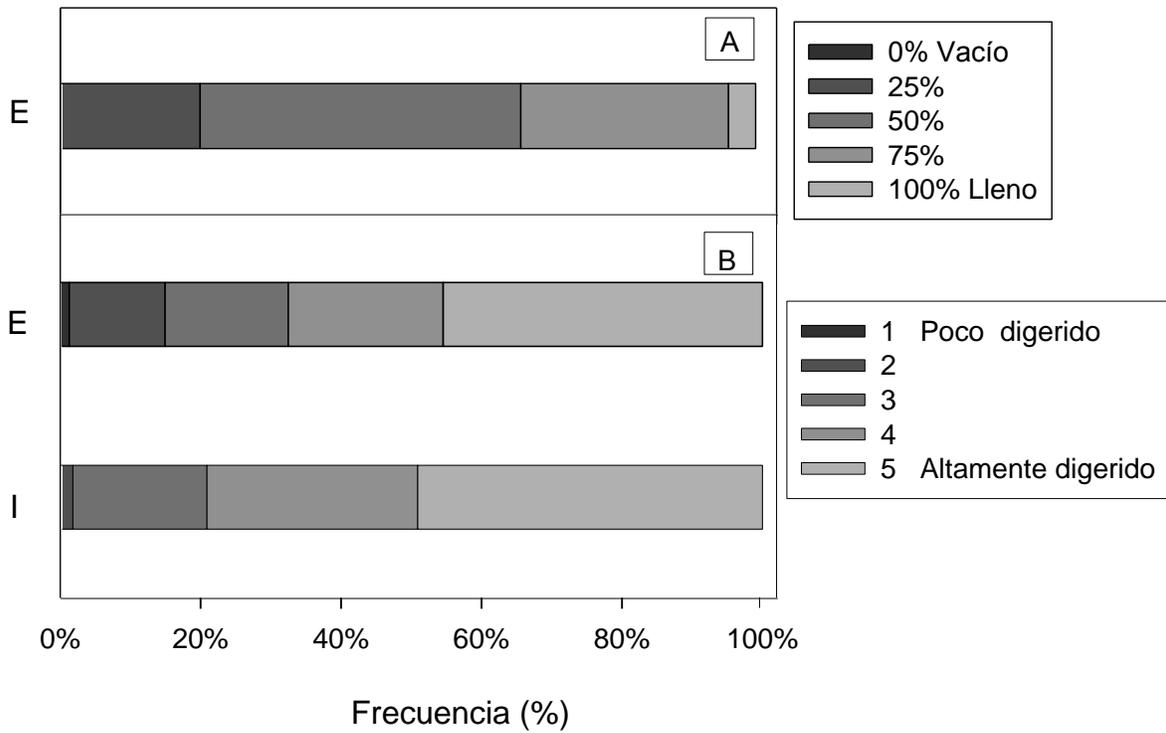


Figura 8. (A) Índice de llenado de los estómagos con valores del 1(vacío) al 4 (lleno); y (B) estado de digestión de las presas del (E) estómago e (I) intestino, valores del 1(poco digerido) al 5 (altamente digerido), de *A. narinari*.

9.1.3 Calidad de inventario.

En general la curva de acumulación de especies-presa mostró un buen ajuste al modelo con valores de R^2 mayores a 0.97, en la mayoría de los casos los números de especies-presa fueron cercanos a los valores de la asíntota que predice el modelo, y la calidad del inventario fue bastante completo y altamente fiable porque los valores de la pendiente fueron menores a 0.1 y la proporción de la fauna registrada cercana a 100% (Figura 9 y Tabla 1).

Las excepciones fueron en los grupos de hembras y machos mayores a 120 cm de ancho de disco (H3 y M3), ya que el número de presas encontradas fue menor a los valores que predice el modelo para alcanzar la asíntota, los valores de la pendiente fueron mayores a 0.1 y la proporción de la fauna registrada menor a 80%, por lo cual, para estos grupos con este tamaño de muestra aún no se alcanza un inventario completo y de buena calidad (Tabla 1).

El 27.9% de los organismos (16 hembras y 27 machos) no contenían presas en el estómago e intestino. En los 154 estómagos y 110 intestinos, se encontraron un total de 1313 organismos-presa, equivalente a encontrar un promedio de 8.4 organismos-presa y un promedio de 1.6 especies-presa por cada organismo (*A. narinari*) analizado.

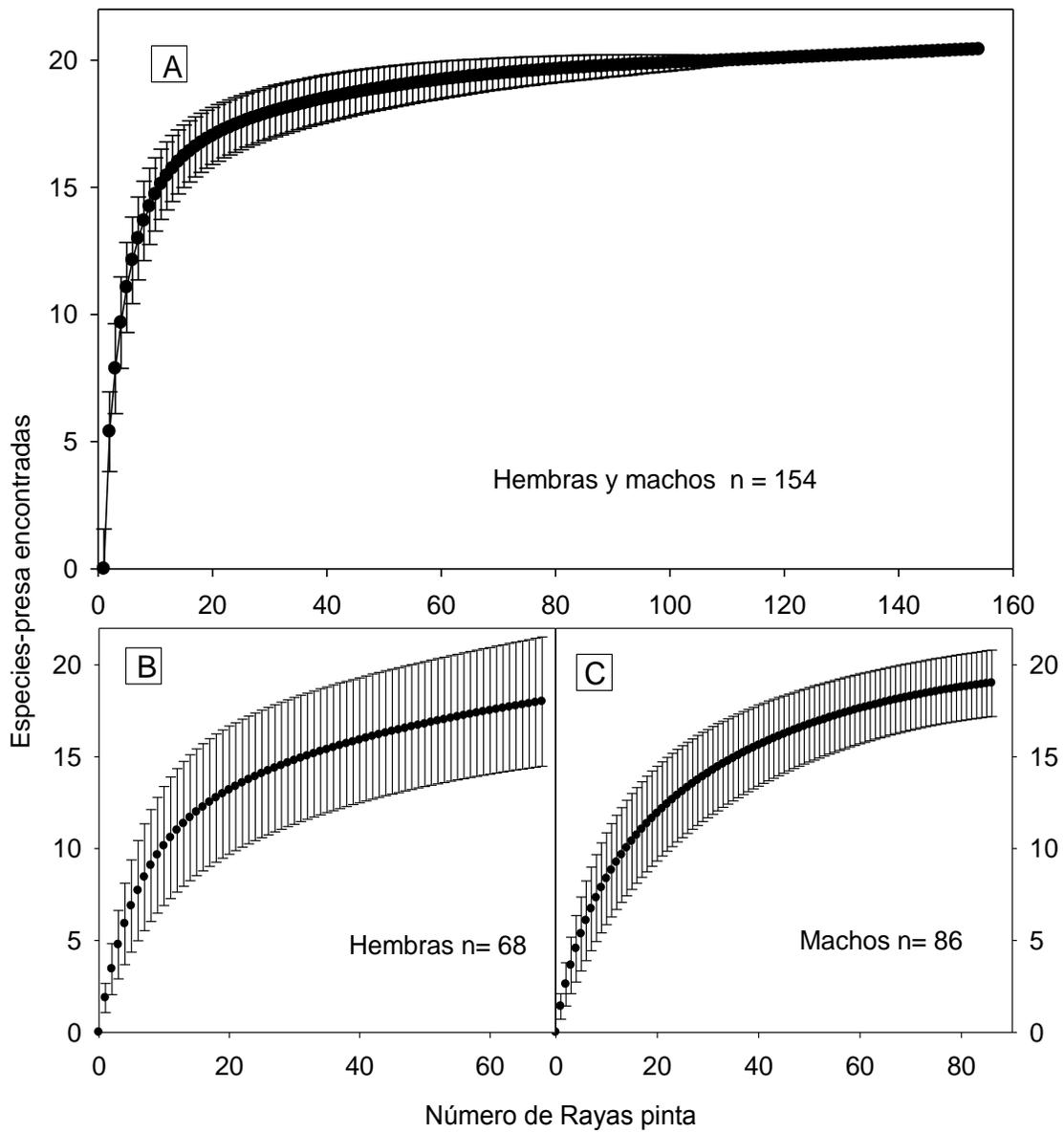


Figura 9. Curvas de acumulación (con su desviación estándar) de especies-presa encontradas en 154 organismos de (A) ambos sexos, (B) hembras y (C) machos de *Aetobatus narinari*.

Tabla 1. Valores de las curvas de acumulación de especies-presa encontradas en grupos de: hembras y macho (H y M) y grupo de talla (Grupo 1: <100 cm, Grupo 2: 100-120 cm y Grupo 3: >120 cm) de diferente sexo de *A. narinari*. R²: coeficiente de determinación, Asíntota: valor calculado donde alcanza la asíntota, Pendiente: medida de inclinación de la curva, Sobs: proporción de especies que fueron registradas, Presas: número de especies-presa registradas para cada grupo, n: número de estómagos analizados para cada grupo.

		R ²	Asíntota	Pendiente	Sobs	Presas	n
Grupos de <i>A. narinari</i>	H y M	0.99	20.40	<0.01	98%	20	154
	H	0.97	18.07	0.01	99%	18	68
	M	0.99	20.36	0.01	93%	19	86
	H1	0.97	13.22	0.05	87%	12	33
	H2	0.99	14.80	0.03	94%	14	26
	H3	0.99	17.79	0.36	78%	14	9
	M1	0.99	11.47	0.04	87%	10	33
	M2	0.98	21.70	0.08	87%	19	32
	M3	0.99	17.85	0.174	72%	13	21

En la comparación de la contribución gravimétrica y numérica de las presas de los estómagos e intestinos de *A. narinari*, no hubo una separación entre estos dos órganos y ésta fue estadísticamente significativa, por lo cual los datos fueron analizados de manera combinada (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis estadístico de similitud (ANOSIM) entre estómagos (E) e intestinos (I) de *A. narinari*, basados en la contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de las presas. R global (G), valores de R y nivel de significancia (P).

	%G		%N	
	R	P	R	P
G	0.076	0.001	0.076	0.001

9.2 Dieta.

9.2.1 Dieta general.

En el contenido estomacal de *A. narinari* las identificaciones más precisas se realizaron por características físicas (forma del cuerpo y coloración) y las estructuras duras que se encontraron, por ejemplo, para *S. pugilis* se realizó con rádulas, opérculos, bocas y ojos; para *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758), *Lobatus costatus*, *Triplofusus giganteus* (Kiener, 1840), *Turbinella angulata* y *Busycon* spp. (Röding, 1798) se usaron las rádulas, bocas y solo en algunos casos ojos; de *Americoliva reticularis* (Lamarck, 1811) se encontraron rádulas, bocas y de *Petrochirus diogenes* (Linnaeus, 1758) se usaron principalmente ojos y colas (Tabla 3).

El número de rádulas no siempre coincidió con el número de bocas, ya que en algunos casos para la identificación no fue necesario extraer la rádula de la boca, además, por los procesos de digestión se encontraron por separado o sólo una u otra. Cuando la suma del número de estructuras no alcanzó el número de organismos, se debe a que en algunos casos se tuvieron características físicas (forma y color) para la identificación, sin embargo, para la mayoría se usó más de una característica o estructura, y de no estar seguro se le asignó dentro de una categoría mayor (gasterópodos, crustáceos, bivalvos) (Tabla 3).

Tabla 3. Número de las principales estructuras usadas en la identificación de especies-presa encontradas en el contenido estomacal de *A. narinari*.

		Estructuras para la identificación					# Organismos
		Rádula	Opérculo	Boca	Ojos por separado	Cola	
Especies-presa mejor identificadas	<i>S. pugilis</i>	89	195	119	132		411
	<i>F. tulipa</i>	20		20	4		30
	<i>L. costatus</i>	21		33	1		50
	<i>T. giganteus</i>	5		4	2		16
	<i>T. angulata</i>	4		3			8
	<i>Busycon</i> spp.	25	4	11			28
	<i>A. reticularis</i>	30		381			447
	<i>P. diogenes</i>				18	78	91

La dieta de *A. narinari*, estuvo conformada por tres phyla: Mollusca con el 98.8% (IIR) de la dieta, Arthropoda con el 1.1% (IIR) y Echinodermata con <0.01% (Tabla 4). Dentro del phylum Mollusca, la clase gasterópoda fue la más importante con un IIR de 92.7%, y presentó los valores más altos en %G (79%), %N (74%) y %FO (55.2%). La clase bivalva representó el 2.2% (IIR) de la dieta (Tabla 4).

La especie-presa (en estómagos e intestinos) más importante en la dieta de *A. narinari* fue *Strombus pugilis* con el IIR más alto (53.33%), que estuvo presente en el 31% de los estómagos-intestinos, tuvo el mayor peso (34.7%) y fue el segundo con mayor número de organismos-presa (31.3%). La segunda especie-presa con el IIR (25.6%) más alto fue *Americoliva reticularis*, presente en el 20% de los organismos (estómagos-intestinos), el segundo peso más importante (13.5%), y con el mayor número de organismos-presa (34%). En orden descendente basados en los valores del IIR, le siguen *Lobatus costatus* (5.6%) y *Petrochirus diogenes* (3.58%) (Tabla 4).

Los crustáceos encontrados pertenecen a la clase Malacostraca, orden Decapoda, y a las familias Diogenidae y Menippidae. El cangrejo ermitaño (*Petrochirus diogenes*) fue el más representativo de este phylum. De la familia Menippidae solo fueron encontrados pequeños cangrejos menores a 1cm, a los que les fue asignado el nombre de Cangrejo asociado a concha de caracol (ACC), debido a que fueron similares a los cangrejos que vivían en las conchas de gasterópodos (vivos y muertos) colectados del bentos (Tabla 4).

9.2.2 Descripción de la dieta de hembras y machos, y por grupos de tallas.

En el caso de las hembras, las especies-presa más importantes fueron *A. reticularis* y *S. pugilis*, con un valor de importancia similar (IIR); en los machos la diferencia entre estas dos especies-presa fue mayor, concentrándose en *S. pugilis*. En las hembras la tercera especie-presa más importante fue *P. diogenes*, mientras que en los machos esa especie-presa tuvo un valor muy bajo. Las hembras tuvieron valores más altos de IIR en otras especies de gasterópodos (*L. costatus* + *T. angulata* + *T. giganteus* + *F. tulipa* + *Busycon* spp. = IIR 11.46% hembras y 3.47% machos) (Tabla 4).

El IIR de las presas para los organismos de *A. narinari* hembras y macho de diferentes grupos de tallas, mostró que *A. reticularis* fue la presa más importante para la dieta de los organismos de talla pequeña (AD < 100 cm) de ambos sexos. Para los organismos hembra de talla mediana (AD de 100-120 cm), las especies con mayor contribución fueron *L. costatus* y *S. pugilis*, y para los machos de la misma talla fueron *S. pugilis* y *A. reticularis*. Para los organismos (*A. narinari*) de mayor tamaño (AD > 120 cm) la especie-presa *S. pugilis* fue la más importante en la dieta, sin embargo, su contribución fue mayor en los organismos (*A. narinari*) macho (IIR de casi el 100 % de contribución a la dieta) que en las hembras (Anexo 3).

Tabla 4. Índice de Importancia Relativa (IIR) para las presas encontradas en el contenido estomacal de *Aetobatus narinari*, en sexos combinados y divididas por sexo. En negrita los valores más altos de IIR.

	Sexos combinados				Hembras				Machos			
	%G	%N	%FO	%IIR	%G	%N	%FO	%IIR	%G	%N	%FO	%IIR
Mollusca	95.50	92.61	72.07	98.80	93.60	87.50	76.47	97.48	98.80	97.83	68.60	99.78
Molusco SI	3.60	2.13	15.58	2.31	3.65	2.54	20.58	3.35	3.51	1.70	11.62	1.35
Gasterópoda	79.30	74.50	55.20	92.70								
Gasterópodo SI	4.31	3.65	16.23	3.35	1.96	3.14	14.70	1.97	8.26	4.17	17.44	4.83
<i>Strombus</i> SI	0.74	0.22	1.29	0.03	1.01	0.29	1.47	0.05	0.27	0.15	1.162	0.01
<i>Lobatus costatus</i>	12.73	3.80	12.98	5.56	15.09	5.24	14.70	7.85	8.78	2.32	11.62	2.87
<i>Strombus pugilis</i>	34.73	31.30	31.16	53.33	25.07	16.94	29.41	32.45	50.95	46.13	32.55	70.46
<i>Americoliva reticularis</i>	13.58	34.04	20.77	25.64	14.78	37.93	23.52	32.57	11.56	30.03	18.60	17.25
<i>Turbinella angulata</i>	3.69	0.60	3.24	0.36	5.21	0.89	5.88	0.94	1.14	0.30	1.16	0.03
<i>Triplofusus giganteus</i>	2.23	1.21	6.49	0.58	3.34	1.94	11.76	1.63	0.37	0.46	2.32	0.04
<i>Fasciolaria tulipa</i>	7.94	2.28	6.49	1.72	12.27	4.19	11.76	5.08	0.68	0.30	2.32	0.05
<i>Busycon</i> SI	5.01	2.13	10.38	1.92	6.87	2.99	14.70	3.81	1.87	1.23	6.97	0.48
Bivalvo	6.60	11.50	11.20	2.20								
Bivalvo SI	1.06	1.44	4.54	0.29	0.15	1.34	4.41	0.17	2.58	1.54	4.65	0.42
Bivalvo amarillo	0.92	2.89	3.89	0.38	1.01	3.89	5.88	0.75	0.78	1.85	2.32	0.13
Bivalvo anaranjado	1.10	1.44	1.94	0.12	0	0	0	0	2.96	2.94	3.48	0.45
Bivalvo blanco	1.13	2.51	4.54	0.42	0.43	2.54	2.94	0.23	2.32	2.47	5.81	0.62
Bivalvo largo	1.68	1.82	1.94	0.17	2.54	3.44	2.94	0.46	0.24	0.15	1.16	0.01
Bivalvo rosado	0.92	0.99	2.59	0.12	0	0	0	0	2.48	2.01	4.65	0.46
Pinnidae	0.09	0.07	0.64	<0.01	0.14	0.14	1.47	0.01	0	0	0	0
Arthropoda	4.29	7.15	14.28	1.19	6.39	12.29	19.11	2.51	0.76	1.85	10.46	0.20
Crustáceo	6.90	10.00	15.20	2.80								
Cangrejo ACC	0.01	0.22	1.94	0.01	<0.01	0.14	0	0	0.03	0.30	2.32	0.01
<i>Petrochirus diogenes</i>	4.28	6.93	12.33	3.58	6.39	12.14	17.64	8.59	0.72	1.54	8.13	0.41
Echinodermata	0.16	0.22	1.94	<0.01	<0.01	0.14	1.47	<0.01	0.43	0.30	2.32	0.01
Equinodermo	0.20	0.20	1.60	<0.01								
Equinodermo SI	0.16	0.22	1.94	0.01	<0.01	0.14	1.47	<0.01	0.43	0.30	2.32	0.03

9.3 Estrategia de alimentación del depredador y los tipos de presa.

En general, las especies-presa dominantes en la dieta de *A. narinari* fueron: *S. pugilis* (%G y %N), *A. reticularis* (%G y %N) y *L. costatus* (%G), debido a que tienen valores altos (mayores que el promedio) en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) y en una o ambas contribuciones (%G y %N). El resto de las especies-presa fueron consideradas como raras en la dieta, ya que presentaron valores bajos (menores que el promedio) de frecuencia de ocurrencia y de ambas contribuciones (%G y %N) (Figura 10).

Para las hembras las especies-presa dominantes en la dieta fueron: *S. pugilis* (%G y %N), *A. reticularis* (%G y %N), *P. diogenes* (%G y %N) y *L. costatus* (%G); y el resto de las especies-presas fueron consideradas raras. En machos las especies-presa dominantes en la dieta fueron principalmente *S. pugilis* y *A. reticularis* (%G y %N), el resto fueron presas raras (Figura 10). Al clasificar las especies-presa dependiendo del sexo y grupo de tallas de *A. narinari* donde estuvieron presentes, se muestra que las presas dominantes en los organismos de *A. narinari* de tamaño pequeño de ambos sexos (H1 y M2) fueron *A. reticularis* (%G y %N) y *S. pugilis* (%G y %N), posteriormente en las tallas medias de ambos sexos (H2 y M2) *A. reticularis* (%N) pasa a ser de las menos dominantes en la dieta y ahora las principales fueron *S. pugilis* (%G y %N) y *L. costatus* (%G y %N). En este grupo la dieta de las hembras parece más equitativa que la de los machos en cuanto a la contribución de las especies-presas. En los organismos (*A. narinari*) hembras de mayor tamaño las especies dominantes fueron: *P. diogenes* (%G y %N), *S. pugilis* (%G y %N) y en menor medida *Busycon* spp. (%G y %N), *L. costatus* (%G y %N) y *F. tulipa* (%G), y en los machos del mismo grupo de tallas fue *S. pugilis* (%G y %N) (Anexo 6).

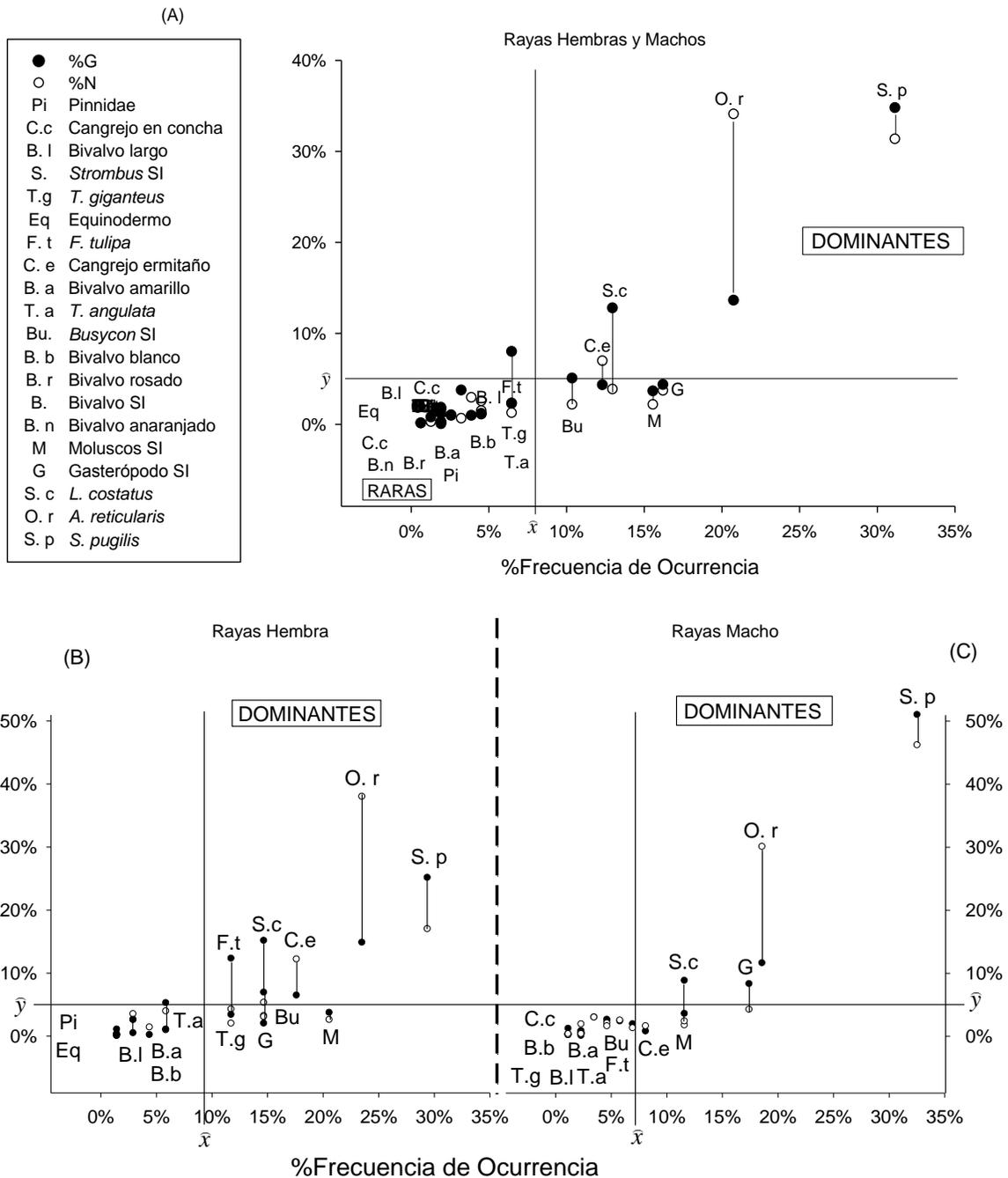


Figura 10. Diagrama de la clasificación de presas de *A. narinari* de (A) ambos sexos, (B) hembras y (C) machos, según el porcentaje de contribución gravimétrica y numérica (eje Y), y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (eje X), basado en Costello (1990). Circulo negro=%G, circulo blanco=%N.

Basado en el Índice de Levin's que va de 0 a 1, y el Índice de Shannon-Wiener que va de 0 a 6, la mayoría de los grupos de *A. narinari* (hembras y machos de diferentes tallas), presentaron una dieta especialista para ambos índices basados en su contribución gravimétrica y numérica, a excepción de la contribución gravimétrica de las hembras de talla mediana (H2) que sería generalista para el Índice de Levin's (Figura 11).

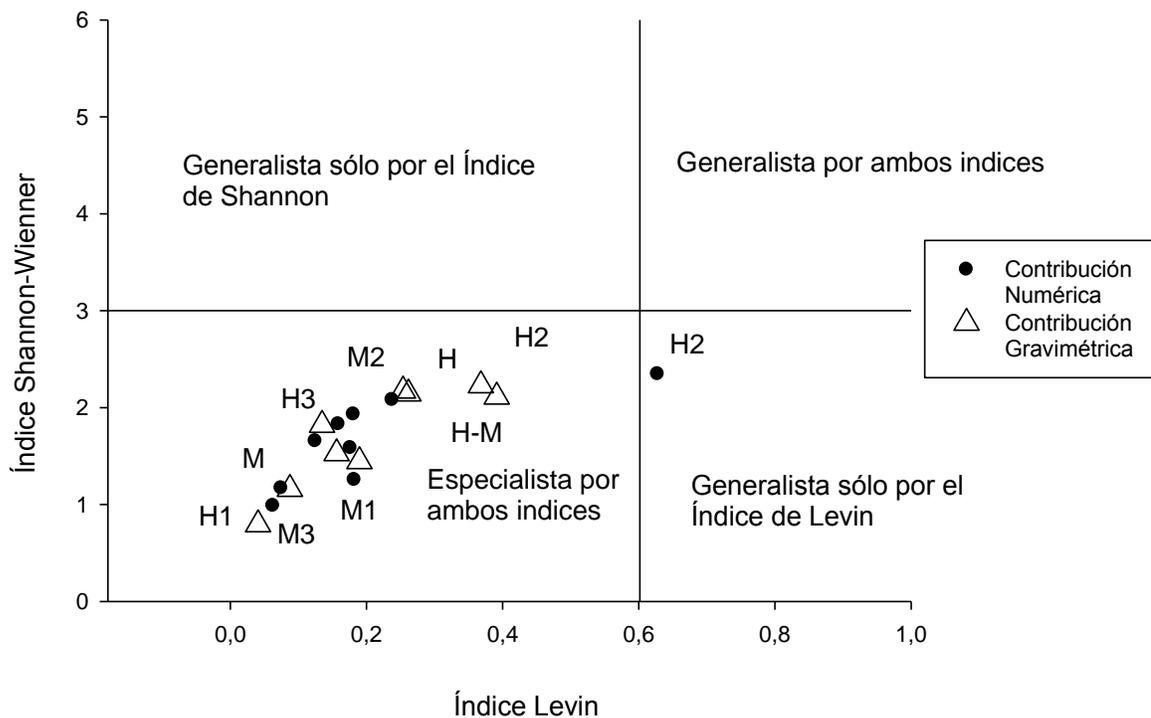


Figura 11. Tipo de alimentación que presenta *A. narinari* de ambos sexos (H-M), sólo hembras (H), sólo machos (M) y diferentes grupos de tallas, basado en la contribución gravimétrica y numérica de las presas, según los Índices de Levin's y Shannon-Wiener. Hembras pequeñas (H1), hembras medianas (H2), hembras grandes (H3), machos pequeños (M1), machos medianos (M2) y machos grandes (M3).

9.4 Análisis de la repartición de recursos de *A. narinari* de diferente talla y sexo.

Considerando la contribución gravimétrica y numérica de las presas, se encontró que hay una separación reducida o nula, aunque no fue estadísticamente significativa entre la dieta de *A. narinari* de diferentes sexos ($R \sim 0$, $P > 0.05$, en ambos casos). En todas las comparaciones entre las dietas de los grupos de tallas se encontró que hay una separación reducida o nula en la dieta ($0.25 > R > 0$). Sin embargo, sólo en las comparaciones de *A. narinari* del grupo 1 con las del grupo 2, así como las del grupo 1 con las del grupo 3, estas diferencias reducidas o nulas fueron estadísticamente significativas ($P < 0.05$) (Tabla 5, Figura 12).

En la comparación entre la dieta de *A. narinari* de diferentes grupos de tallas y sexo, se encontró que, de manera similar al anterior análisis, existe una separación reducida o nula en las dietas ($0.25 > R > 0$). Aunque sólo la similitud entre la dieta de *A. narinari* hembras y machos del grupo 1 con las del grupo 2, así como las del grupo 1 con las del grupo 3, fueron estadísticamente significativas ($P < 0.05$) (Anexo 7 y Figura 12).

Basado en el análisis SIMPER que considera la contribución gravimétrica y numérica de las especies-presa a la dieta de *A. narinari*, se encontró que los organismos (*A. narinari*) de menor tamaño (Grupo 1) tanto hembras como machos, la especie-presa *A. reticulares* fue la más importante. En los organismos hembras de tamaño medio (Grupo 2) los principales fueron Moluscos SI y *S. pugilis*, a diferencia de los machos (del mismo tamaño) donde *S. pugilis* tuvo valores más altos. La contribución relativa más diferente fue entre los organismos de mayor tamaño (Grupo 3), ya que la dieta de las hembras presentó mayor peso y número de organismos de *P. diogenes* y en segundo lugar *S. pugilis* y en los machos *S. pugilis* constituyó la mayor parte de su dieta (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis estadístico de similitud (ANOSIM), entre *A. narinari* de ambos sexos y entre diferentes grupos de tallas. H=hembra, M= macho; Grupo de tallas: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm), basados en la contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de Especies-presa. Valores globales (G), valores de R y nivel de significancia (P).

		Especie-Presa			
		%G		%N	
		R	P	R	P
Sexo (H-M)	G	.013	.258	.028	.134
Grupos de tallas	G	.065	.007	.076	.003
	1-2	.084	.003	.085	.003
	1-3	.151	.001	.178	.002
	2-3	-.05	.912	-.033	.809

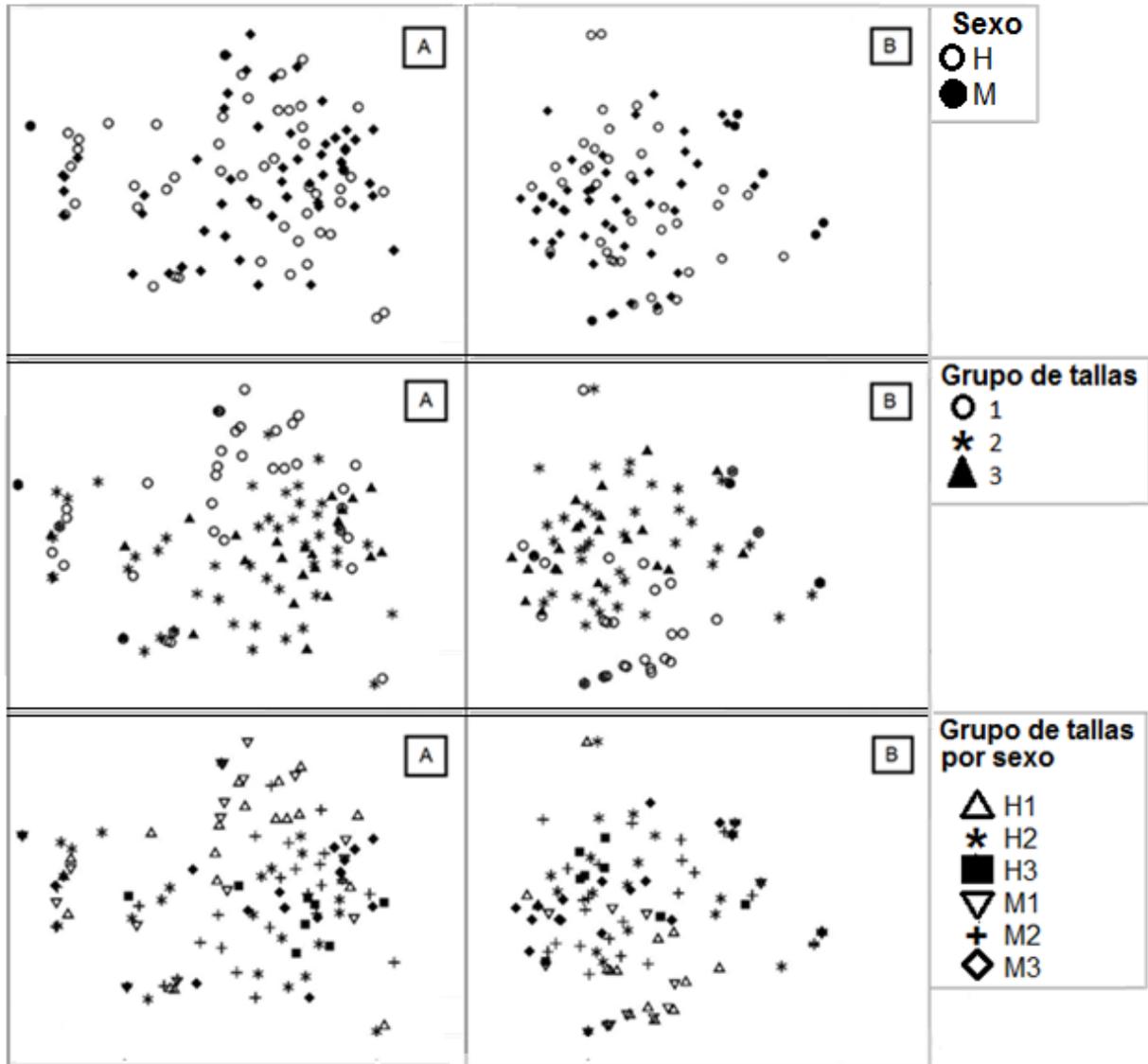


Figura 12. Escalonamiento multidimensional de la contribución (A) gravimétrica y (B) numérica de la dieta de cada una de los organismos de *A. narinari*. Dividida por sexo: hembras (círculos blancos) y machos (rombos negros); por grupo de tallas: 1 (< 100 cm, círculos blancos), 2 (100 a 120 cm, asteriscos), 3 (> 120 cm, triángulos negros); y grupo de tallas por sexo: hembras pequeñas (< 100 cm, triángulos superiores), hembras medianas (100-120 cm, asteriscos), hembras grandes (> 120 cm, cuadrados), machos pequeños (< 100 cm, triángulos inferiores), machos medianos (100-120 cm, cruces), machos grandes (> 120 cm, rombos).

Tabla 6. Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de los organismos de *A. narinari*, de diferente sexo (H=hembra, M= macho) y grupo de tallas (H1, H2, H3; M1, M2, M3), basada en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número (%N= numérico) de las principales especies-presa. En negritas los valores más altos.

Grupo de organismos:		H1		H2		H3		M1		M2		M3	
		%G	%N										
Similitud entre grupo de organismos:		12.3	19.7	11.2	17.3	22.3	30.1	10.3	17.3	12	16.8	17.7	26.1
Contribución a la dieta	<i>A. reticularis</i>	63.5	66.2					60.3	56.6	9	11.3		
	Molusco SI	14	12.1	36.7	44.4			13.3	20.2				
	<i>S. pugilis</i>	11.6	15.2	20.7	18.9	39.8	30.1	10.1		57	47.4	90.1	85.1
	Gasterópodo SI	5.7			7.3			16	15.6	12.4	13.3		8.4
	<i>L. costatus</i>			11.78	5.8	6.3	6.1			9.6	11.3		
	<i>P. diogenes</i>			10.5	8.2	40.8	46.3			3.3	7.1		

9.5 Características de los puntos de muestreo y de la fauna megabentónica.

9.5.1 Descripción de las características de los puntos de muestreo.

En general, el sustrato de la zona de estudio es arenoso a fangoso con presencia de parches de pastos marinos. En la zona más alejada de la costa (transecto número 1) se presentó una profundidad promedio de 11.3 m, con la arena (55%) como el sustrato más frecuente, con una visibilidad promedio de 4.2 m (visibilidad media comparada con los demás transectos) y ausencia de pasto marino. Los transectos 2 y 3 (zona de mayor presión pesquera) fueron muy similares en el tipo de sustrato que fue más frecuente (lodo, con: 83% y 73% respectivamente), con una baja visibilidad promedio (2 m) y ausencia de pastos (0%), y solo con una variación de profundidad de 2.3 m. Los puntos de muestreo del transecto 4 fueron diferentes a los anteriores por su baja profundidad promedio (5.8 m), con la arena como el sustrato más común (55%), una visibilidad promedio alta (6.5 m) y una cobertura promedio de pastos del 14% (Tabla 7).

Tabla 7. Características de los puntos de muestreo (A, B, C) en los transectos (1,2,3,4), P= profundidad, S= tipo de sustrato, V= visibilidad, F= vegetación.

Transectos			
1	2	3	4
P: 11 m S: 100% arena V: 4.5 m F: 0% A	P: 10.5 m S: 50% arena 50% lodo V: 2.5 m F: 0% A	P: 8 m S: 50% arena 50% lodo V: 2 m F: 0% A	P: 6.3 m S: 50% arena 50% lodo V: 5 m F: 0% A
P: 13 m S: 100% lodo V: 3.5 m F: 0% B	P: 11 m S: lodo 100% V: 1.5 m F: 0% B	P: 8 m S: lodo 100% V: 2 m F: 0% B	P: 5.8 m S: 50% arena 50% lodo V: 6.5 m F: 7% B
P: 10 m S: 66% arena 33% lodo V: 4.7 m F: 0% C	P: 8.9 m S: lodo 100% V: 2 m F: 0% C	P: 7.5 m S: 33% arena 66% lodo V: 2 m F: 0% C	P: 5.5 m S: 66% arena 33% lodo V: 8 m F: 35% C
Lejos de la costa	Zona de mayor presión pesquera		Cerca de la costa

9.5.2 Caracterización de la fauna megabentónica de los puntos de muestro.

Se encontraron un total de 1,166 organismos vivos y muertos pertenecientes a 40 especies megabentónicas agrupados en tres phylum: Mollusca, Arthropoda y Echinodermata. El phyla Mollusca estuvo representado por 9 especies de la clase Gasterópoda y 27 de Bivalva; Arthropoda con dos especies de la clase Malacostraca (cangrejo ermitaño: *Petrochirus diogenes*; cangrejo asociado a concha de la familia Menippidae), y los Echinodermata con una especie perteneciente a la clase Echinoidea (galleta de mar) y una de Holothuroidea (pepino de mar) (Anexo 10), para los siguientes análisis solo se usaron los organismos vivos.

Los puntos de muestreo más cercanos a la costa (transecto 4) presentaron un mayor número de especies (n= 9), que disminuye progresivamente en los puntos alejados de la costa (transecto 3= 5 especies, transecto 2= 4 especies, transecto 1= 2 especies) (Tabla 8). Además, de manera general, *S. pugilis* y *P. diogenes* (cangrejo ermitaño) fueron las

especies megabentónicas que se encontraron en la mayoría de los puntos (%FO), que tuvieron los valores más altos de importancia gravimétrica (%G) y numérico (%N) sin embargo, la densidad por m² más alta fue de la especie *Chione* spp. (Megerle von Mühlfeld, 1811), seguida de *S. pugilis* y *Petrochirus diogenes*; y estas también fueron las especies con mayor porcentaje numérico (%N) (individuos: 672 de *S. pugilis*, 95 de *Petrochirus diogenes* y 72 de *Chione*) (Figura 13).

Tabla 8. Densidad por m² de los organismos vivos (epifauna e infauna) colectados en los transectos frente al municipio de Seybaplaya.

		Transectos											
		1		2		3		4					
Epifauna	Arthropoda												
	<i>Petrochirus diogenes</i>	0.11	0.01	0.11	0.01	0.25	0.99	0.51		0.63	0.47	0.07	
	Mollusca												
	Muricidae												
	<i>Americoliva reticularis</i>												
	<i>Lobatus costatus</i>												
	<i>Strombus pugilis</i>	2.16	2.32	4.07	0.83	0.53	0.43	0.03	0.99	1.86	0.07	1.55	
<i>Turbinella angulata</i>													
Infauna	<i>Atrina rigida</i>												
	<i>Lucina pensylvanica</i>												
	<i>Arcinella cornuta</i>												
	<i>Chione</i>												
	<i>Dosinia concentrica</i>												
	<i>Globivenus rigida</i>												
	<i>Tellidora cristata</i>												
		Lejos de la costa				Zona de mayor presión pesquera				Cerca de la costa			

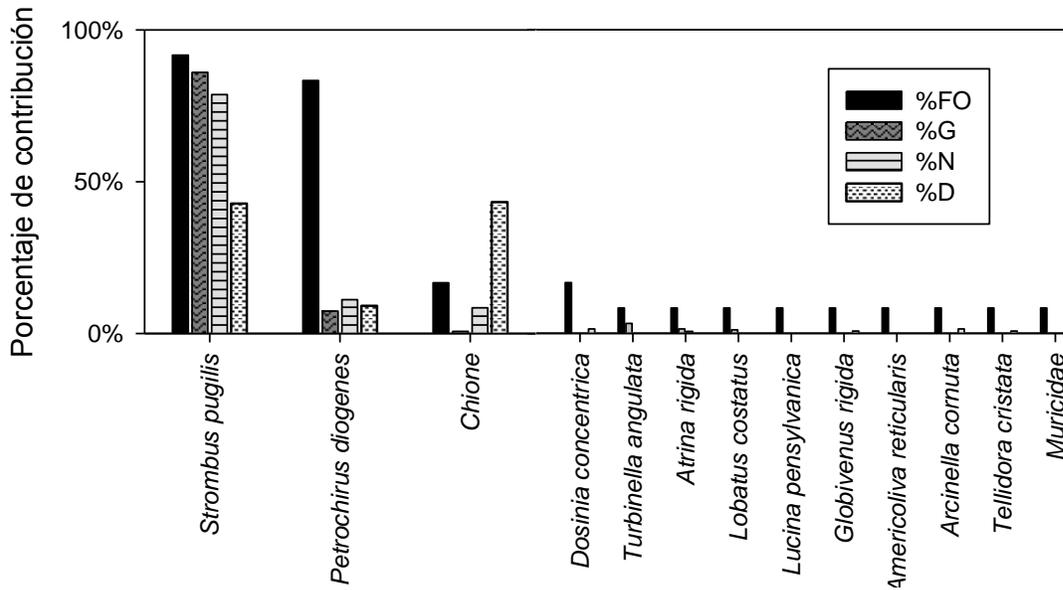


Figura 13. Porcentaje de contribución: frecuencia de ocurrencia (%FO), gravimétrico (%G), numérico (%N) y densidad (%D) de las especies megabentónicas en toda la zona de estudio.

Se calculó el Índice de similitud de Jaccard, Bray-Curtis y Morisita-Horn basándose en la densidad por m² de las especies bentónicas, y se encontró que los transectos 1,2 y 3 fueron los que presentaron valores más altos de similitud y el transecto 4 fue el más diferente. Resultados similares fueron obtenidos, al analizar por puntos de muestreo (Figura 14).

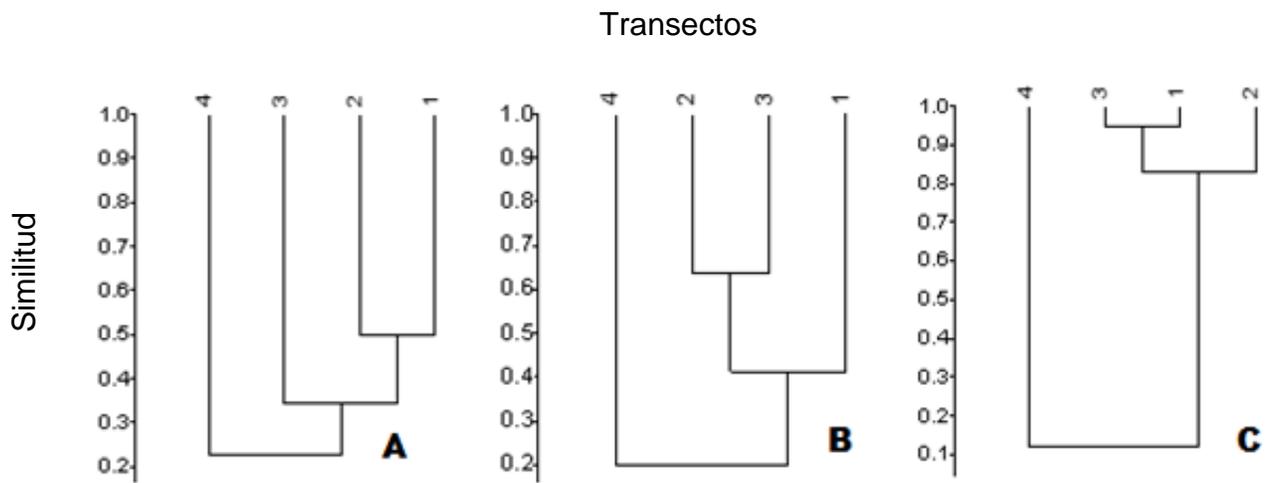


Figura 14. Índice de similitud de (A) Jaccard, (B) Bray-Curtis y (C) Morisita-Horn de los transectos (1-4), basado en la densidad de los organismos megabentónicos muestreados en las en el municipio de Seybaplaya.

9.6 Conocimiento Ecológico Local (CEL) de la dieta de *A. narinari*.

En total se entrevistaron a 9 pescadores de los 12 que llegan a trabajar en una temporada, dedicados a la captura de *A. narinari* en la localidad de Seybaplaya. Todos creen que *A. narinari* se encuentra en zonas con fondo lodoso. La mayoría (66.6%) considera que hay una segregación por tallas, pero desconocen las zonas donde se encuentran dichos grupos. Sin embargo, un pescador piensa que los organismos de mayor tamaño están a mayor profundidad y las más chicas se encuentran más cerca de la costa. Se encontró que el 66.6% de los pescadores consideran que en la época de mayor pesca (enero a abril), *A. narinari* se acercan a la costa a alimentarse. Otros creen que lo hacen para reproducirse (33.3%) o como parte de su migración (16.6%). El 66% de los pescadores creen que tras la temporada de pesca, *A. narinari* se va a aguas más profundas. Las principales presas de las cuales creen que se alimenta *A. narinari* son: *Pinnidae*, *L. costatus*, *T. angulata*, *S. pugilis* y *Busycon* spp. Este conocimiento lo obtuvieron por tres formas: al eviscerar a los organismos para su venta (66.6%) o cuando estos organismos vomitaban (66.6%), podían identificar las especies-presa por sus características (coloración y forma), y por anécdotas de los buzos (50%) que observaron cómo se alimentaba de caracoles (Anexo 11).

Las especies de gasterópodos que capturan incidentalmente en sus redes (en las zonas donde también capturan *A. narinari*) son: *Busycon* spp., *T. angulata* y *S. pugilis* con una frecuencia (viajes de pesca) de más del 70%; *T. giganteus*, *L. costatus* con más del 50%; *Melongena* spp. y *F. tulipa* con menos del 30%; sin embargo, los organismos de *S. pugilis* los regresan al mar por ser pequeños. Consideran que *A. narinari* compite con *R. brasiliensis* e *Hypanus americana* por presas, y que su principal depredador son los tiburones (*Carcharhinus leucas*, *Sphyrna mokarran*, *Sphyrna lewini* y *Gynglymostoma cirratum*) (Anexo 11).

9.7 Comparación entre la dieta de *A. narinari* y las posibles presas presentes en el área de estudio.

De las 16 especies (estudio del bentos) colectadas en los cuatro transectos, 7 fueron identificadas como parte de la dieta general de *A. narinari*. Las especies del bentos que presentaron mayor frecuencia de ocurrencia (%FO), importancia gravimétrica (%G) e importancia numérica (%N) fueron: *S. pugilis* y *P. diogenes* (Figura 13). En el caso de la dieta general de *A. narinari*, las especies-presa más importantes (%FO, %G y %N) fueron: *S. pugilis* y *A. reticularis* (Tabla 4).

Es probable que en la temporada de muestreo, la zona de estudio (transecto 1= el más profundo; transecto 2 y 3: donde pescan *A. narinari*, y transecto 4: más cercano a la costa), fueron áreas de alimentación de la especie *A. narinari* de tamaño mediano (100-120 cm) y grande (>120 cm) de ambos sexos, ya que los muestreos presentaron las dos especies principales de la dieta (*S. pugilis* y *P. diogenes*) con una frecuencia de ocurrencia, contribución gravimétrica, contribución numérica y densidad por m² superior al resto de especies bentónicas. El transecto 4 resultó ser el más diferente al resto, basado en los índices de riqueza y abundancia. Al ser la zona más cercana a la costa, presentó mayor visibilidad, menor profundidad, arena como sustrato más frecuente y vegetación. En ella habita una variedad de bivalvos (*Chione*, *Dosinia concéntrica*, *Globivenus regida*, *Lucina pensylvanica*, *Tellidora cristata* y *Arcinella cornuta*) que no se encontraron en los análisis de dieta de *A. narinari*. Por lo cual su uso como zona de alimentación puede que sea menor, considerando además que no presentaron presas que sean importantes y no se encuentren en el resto de los transectos (Tabla 8, Figura 13).

10. Discusión

En este trabajo se encontró que el grupo de presas más importante en la dieta de *A. narinari*, fue del phylum Mollusca, lo cual es similar a otros estudios de la misma especie o género en diversas partes del mundo (Bigelow y Schroeder 1959; Randall 1964; Iversen et al. 1986; Schluessel et al. 2010; Ajemian et al. 2012). Dentro de este phylum, los gasterópodos constituyeron más del 90% (IIR) de importancia en la dieta; sin embargo, Ajemian et al. (2012) en Bermuda, reportaron que *A. narinari* tuvo una dieta compuesta principalmente de bivalvos (más del 80% en FO y N) y en segundo lugar gasterópodos. Esto puede deberse a un ambiente diferente que permitió una mayor diversidad y abundancia de bivalvos que pueden ser presas, además de una restricción a su pesca comercial. Sin embargo, sus análisis de dieta no consideraron la contribución gravimétrica de las especies-presas, lo cual pudo generar un sesgo menor en su contribución numérica, ya que la mayoría de sus especies-presa eran de tamaño pequeño.

Las especies de gasterópodos de la familia Strombidae parecen ser constantes en la dieta de *A. narinari*, en menor o mayor importancia: *Strombus gallus* (Randall 1964), *S. gigas* (Randall 1964; Iversen et al. 1986), *L. costatus* (Ajemian et al. 2012; el presente estudio) y *S. pugilis* (presente estudio). Una disminución en las abundancias de los organismos de la familia Strombidae en Seybaplaya, podría ocasionar que *A. narinari* ejerza mayor presión sobre otras presas de la misma zona, al igual que un aumento en la competencia intraespecífica, y de no llegar a haber suficientes presas, tendrían que moverse a zonas donde haya mayor abundancia de presas.

Una dieta especialista en gasterópodos como en el presente estudio, pudiera explicar el desgaste de las placas dentarias que presentan algunos organismos de *A. narinari* de las localidades pesqueras en el estado de Campeche. Sin embargo, para tener una mayor certeza hace falta una mejor evaluación y comparación con otros individuos de la misma especie pero con dietas diferentes, como por ejemplo, los organismos capturados en Florida, Estados Unidos o Cuba (Anexo 12).

Ajemian et al. (2012) comprobaron que el lavado gástrico es un método confiable para el estudio de dieta. Sin embargo, el análisis de la dieta a través de la extracción de los

órganos digestivos completos, demostró ser más preciso porque se recuperaron estructuras (opérculos, quelas, rádulas) que facilitaron la identificación de las especies-presa.

En los estómagos e intestinos de *A. narinari* no se encontraron restos de conchas (similar a Schluessel et al. 2010 y Ajemian et al. 2012) y en algunos casos las presas estaban en una sola pieza; además, los opérculos que se encontraron pertenecían a organismos pequeños (principalmente *S. pugilis*). Al igual que otros batoideos (Dean et al. 2005; Kolmann et al. 2015), *A. narinari* demuestra una alta especialización anatómica para presas duras, ingiriendo solo la carne y excluyendo la concha.

El análisis estadístico de similitud (ANOSIM) mostró que la contribución (%G y %N) de los organismos-presa a la dieta de *A. narinari* es por igual tanto en el estómago como en el intestino. Además, ya que el estómago presenta presas con un nivel de digestión menor que el intestino (lo cual facilita la identificación de presas), podemos sugerir que para análisis futuros de la dieta de *A. narinari* es suficiente con el uso de solo estómagos. Sin embargo, usando intestinos podemos suponer que debido a la similitud de las presas más recientes (estómago) con las anteriores (intestino), es probable que *A. narinari* frecuentara una misma zona de alimentación por uno o dos días. No obstante, ya que para esta especie se desconoce el tiempo de digestión y de evacuación gástrica, no se pudo calcular el tiempo que permanecen en el sitio. Además, las tasa de evacuación de los elasmobranchios pueden depender del tamaño de la comida, la parte de la presa ingerida, la composición de lípidos, la presencia de esqueletos o quitina, periodicidad de la alimentación y la temperatura del medio donde se encuentre (Papastamatiou et al. 2007). La raya de nariz clara (*Leucoraja eglanteria*) que se alimenta de pece óseos presenta una tasa de evacuación de 24 - 48 h a una temperatura de 15 – 20°C (Stehlik et al. 2015); sin embargo, la raya pequeña (*Leucroja erinacea*) mostro una tasa de evacuación de 18.8 – 31.4 h a 10°C, cuando se alimenta de krill y almejas (como el presente estudio) (Nelson y Ross 1995).

En el presente estudio no se encontró una separación entre la dieta de *A. narinari* hembras y machos, lo cual fue similar a lo reportado por Schluessel et al. (2010) para la dieta de *Aetobatus ocellatus* en Australia y Taiwan. Por lo cual es posible que los

organismos de *A. narinari* de ambos sexos colectadas en Seybaplaya, se estén alimentando en la misma zona y de los mismos organismos, y si llegaran a escasear sus presas tendrían que competir por el alimento. Se requiere un estudio detallado de la biología reproductiva de la especie en esta zona, que pudiera señalar si el apareamiento es otra de las razones por la cual *A. narinari* se encuentra en la zona.

Se encontró que la comparación entre la dieta de los organismos de *A. narinari* del grupo 1 con los del grupo 2, así como los del grupo 1 con los del grupo 3, fueron los únicos que presentaron diferencias reducidas o nulas que fueron estadísticamente significativas. Sin embargo, es probable que haya un cambio ontogénico en la dieta de *A. narinari*, ya que con base en los índices de importancia relativa (IIR) y el diagrama de Costello (1990), los organismos de talla pequeña (AD < 100 cm) de ambos sexos mostraron una preferencia por la especie-presa *A. reticularis* y en menor medida *S. pugilis*. Los organismos de tamaño medio (AD 100-120 cm) prefirieron *S. pugilis* (hembras y machos), *L. costatus* (hembras) y con menor importancia *A. reticularis* (machos). Ya que en los muestreos del bentos la especie *A. reticularis* no presentó valores altos en algún índice (%FO, %G, %N y %D), podemos suponer que en la temporada de muestreo (del bentos) este grupo de organismos (AD < 100 cm) se estuvo alimentando en otra zona donde *A. reticularis* era abundante, o estuvieron usando el área de estudio de manera ocasional para completar su dieta con otras especies secundarias (como *S. pugilis*). En la misma zona de estudio, se capturan especies de tiburones grades (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna mokarran*, *Sphyrna lewini*, *Carcharhinus leucas*) los cuales podrían estar influyendo en el comportamiento de *A. narinari* al ser posibles depredadores, sin embargo, los organismos de tamaños medios y grandes (*A. narinari*) no serían presas tan fáciles en comparación de las rayas más chicas, por lo cual estas últimas se verían obligadas a permanecer el mayor tiempo de su crecimiento en zonas de crianza donde las presas disponibles son aparentemente diferentes a la de la zona de estudio (posiblemente abundantes en *A. reticularis*) y el riesgo de depredación es menor.

Para los organismos de *A. narinari* hembras de mayor tamaño (AD > 120 cm) las especies-presa más importantes fueron *S. pugilis* y *P. diogenes* y para los machos fue *S. pugilis*. Estos resultados fueron apoyados por otros estudios, como los de Schluessel et

al. (2010) que encontraron diferencias estadísticamente significativas en la dieta de las diferentes tallas de *A. ocellatus*, debido a que la contribución de los crustáceos fue mayor en los organismos pequeños y disminuyó en los grandes. En este estudio, se encontró que los bivalvos fueron de mayor importancia en los organismos grandes (AD > 120 cm), mientras que los gasterópodos fueron constantes a lo largo de las diferentes tallas (siendo los de mayor importancia). Ajemian et al. (2012) encontraron también una posible diferencia ontogénica en la alimentación de *A. narinari*, donde los organismos de mayor tamaño fueron los únicos que contenían gasterópodos (*L. costatus* y *Natica* spp.) en su dieta, aunque su número de muestras fue menor. En este estudio también se observó el cambio en el tamaño de las presas, ya que la presa más pequeña (*A. reticularis*) fue la dieta principal de las más chicas y su importancia disminuyó conforme aumentaba el tamaño del organismo, esto podría deberse a la capacidad que tiene la mandíbula para tomar la presa y romper la concha, la cual va aumentando conforme crece el depredador (*A. narinari*). A diferencia de los estudios anteriores, en el presente trabajo la identificación de las especies-presa fueron más precisos, lo cual permitió reconocer cambios en la dieta a nivel de especie-presa y en grupos de tallas de organismos más amplios.

Las especies más importantes en la dieta de *A. narinari* fueron similares a las más importantes de la epifauna en tres de los cuatro transectos más alejados de la costa, (incluyendo la zona de mayor presión pesquera de *A. narinari*). Las especies que no se encontraron en los muestreos del bentos por un esfuerzo de muestreo limitado (pero si en la dieta de *A. narinari*) se consideraron “raras” basado en el diagrama de Costello (1990), y con base a las entrevistas a los pescadores se sabe que las especies están presentes en el bentos en una abundancia baja, ya que ellos las capturan con la red de seda en la misma zona donde capturan *A. narinari* (Anexo 14).

La zona del transecto 4 (más cercana a la costa) fue la más diferente considerando los Índices de diversidad y abundancia de las especies, además según los pescadores *A. narinari* no se distribuyen ahí, lo cual puede deberse a diferentes características como la ausencia de sus principales presas o a que el agua es más cálida (comunicación personal por pescadores), otras causas en especies marinas pueden ser el comportamiento de la

especie, la sobrepesca y cambios físicos en el ambiente (Jackson et al. 2001; Ward-Paige et al. 2010; Last et al. 2011).

La zona de muestreo más alejada de la costa (transecto 1) presentó buenas condiciones para ser zona de alimentación, pero no es usada como zona de pesca de *A. narinari* (transecto 2 y 3), ya que en las entrevistas a pescadores y el análisis de sus características físicas, se determinó que el equipo de pesca no funciona adecuadamente, porque la red no puede ser fijada al fondo al ser una zona más profunda. Además, hay una visibilidad mayor (comparada a la zona de mayor presión pesquera) ocasionando que posiblemente la raya pueda evitar la red. Por último, los costos de combustible hacen que alejarse más de la costa sea menos redituable, a pesar de que los pescadores opinan que *A. narinari* si se encuentra en esa zona. Por lo tanto, el área de pesca no sólo se determina por la abundancia de la especie objetivo sino por la operatividad del arte de pesca y la capturabilidad de aquellas, lo cual se ha visto también en las pesquerías de arrastre que operan al noreste de España (Prellezo et al. 2009).

Además, el trabajo de Ortega-Puch (2008) quien caracterizó la pesquería de caracol en la localidad de Seybaplaya, reportó las mismas especies raras (para la dieta de *A. narinari*) de gasterópodos de gran tamaño (*Turbinella angulata*, *Busycon perversum*, *Triplofusus giganteus* y *Lobatus costatus*). Son capturados por buceo libre (sin equipo de tanque o compresor) a profundidades de 10.9 a 14.6 m y a una distancia de la costa de 37 a 112 km. Por lo cual, es posible que en esas zonas más alejadas a la costa, se estén alimentando los organismos de tallas mayores a las analizadas en este estudio (Cuevas-Zimbrón et al. 2011). Esto es similar en *Rhinoptera bonasus* (otra especie de raya durofaga) y otros organismos apicales, los cuales se alimenta de presas más grandes conforme van creciendo en tamaño (Collins et al. 2009; Lucifora et al. 2009).

A pesar que el área puede ser considerada como posible zona de alimentación de *A. narinari*, se necesitan estudios que monitoreen la frecuencia del uso del hábitat para la alimentación los cuales pueden realizarse de manera directa usando telemetría acústica y videocámaras unidas a los animales (Heithaus et al. 2002). Otra alternativa es por medio del análisis de isotopos estables, los cuales son una manera indirecta de conocer

su posición trófica, las principales fuentes de alimentación y la ubicación de estas (costeras, bentónicas o pelágicas) (Cherel y Hobson 2007).

Ajemian et al. (2012), colectaron los organismos de la epifauna e infauna presentes en un mismo cuadrante (0.25 m²), el cual fue del mismo tamaño que el empleado en este estudio para infauna, pero ellos no realizaron réplicas en cada punto y la colecta de epifauna fue mayor ya que se cubrió el área de un círculo con un diámetro de 4 m, por lo cual se logró representar mejor el grupo de gasterópodos y crustáceos existentes en el área. Ellos calcularon las densidades y frecuencias de los organismos del bentos y en el presente estudio se obtuvieron además, el peso de cada presa potencial lo cual es un valor importante cuando se quiere conocer el aporte gravimétrico de pueden tener a la dieta y se tiene una variedad en el tamaño de las especies-presas.

Schluessel et al. (2010) pudieron encontrar opérculos en los estómagos de *A. ocellatus*, que ayudaron con la identificación de las especies-presa, sin embargo, no consideraron el intestino para el estudio de dieta. En este estudio se encontró que, aunque no hay diferencias estadísticas entre estos órganos (en relación a la descripción de la dieta), ambos se consideraron complementarios ya que hubo estructuras en el intestino que ayudaron a la identificación de las especies-presa. De haber encontrado una diferencia en la dieta entre estos órganos (estómagos e intestino), es posible que se pudiera explicar con un cambio en el área de alimentación y si conocemos la distribución en el bentos de las especies-presas podríamos suponer donde estuvo antes (contenido alimentario del intestino) y donde al momento de su captura (contenido alimentario del estómago).

En el estado de Campeche existe una pesquería de *A. narinari* que es constante todo el año, pero con mayor impacto de los meses de febrero a abril, y a diferencia de la pesquería de *A. narinari* en las costas Mexicanas del Océano Pacífico la cual presenta una veda del 1.º de mayo al 30 de junio (DOF 2013), no existe un control para la captura de esta especie y a nivel local los pescadores reportan una disminución de la captura en los últimos años (Cuevas-Zimbrón et al. 2011).

Por lo cual, considerando tanto la importancia ecológica como económica y social de esta especie, se debería implementar algún control como cuotas de captura, ya que mantener

el esfuerzo pesquero puede que no sea una solución suficiente. Además, se deberían de cambiar los permisos con los cuales realizan esta actividad (permisos para pesca comercial de escama en general y permisos de captura de tiburón) (DOF 2010, 2013), por unos que sean específicos y así tener un mejor control (Cuevas Zimbrón et al. 2010; Pérez-Jiménez y Mendez-Loeza 2015). Se tiene la ventaja de que es una especie de consumo local, por lo cual el precio del producto no compite a nivel nacional y se mantiene casi constante a lo largo del año, facilitando el manejo con las comunidades. Otro problema que puede estar afectando en la pesquería de *A. narinari*, es la captura de gasterópodos por buceo, ya que constituye la cuarta pesquería más importante por volumen para el estado (4263 t) y la segunda a nivel nacional después de Sonora (2914 t) (CONAPESCA 2013). La pesquería de gasterópodos se practica sobre todo en primavera, y cada vez se realiza más lejos de la costa porque estas especies han ido disminuyendo en abundancia en agua más somera (Ortega-Puch 2008; entrevistas a pescadores).

Por lo cual, ahora sabemos que los gasterópodos de la localidad de Seybaplaya son el principal alimento del elasmobranquio (*A. narinari*) más importante de la región y del cual dependen familias de pescadores (sin mencionar los involucrados en su comercio). Además, *A. narinari* no solo está siendo impactada por su pesca, sino también por el de sus presas.

11. Conclusión

Las especies-presa más importantes en la dieta de *A. narinari* fueron los gasterópodos (*A. reticularis*, *S. pugilis* y *L. costatus*) con más del 90% (IIR) de contribución, y en menor medida los crustáceos (*P. diogenes*) con 2.8% (IIR).

No se encontró una diferencia entre las dietas de *A. narinari* de diferente sexo. Además, la comparación entre las rayas de tamaño pequeño (< 100 cm) y mediano (100 – 120 cm), así como las rayas pequeñas y grandes (> 120 cm); fueron las únicas que presentaron diferencias reducidas a nulas en la dieta, las cuales fueron estadísticamente significativas.

De acuerdo con los análisis de IIR, Costello (1990) y SIMPER, hay una preferencia de *A. narinari* de ambos sexos de la siguiente manera: tallas pequeñas prefieren *A. reticularis*, y en menor medida *S. pugilis*; tallas medianas prefieren *S. pugilis* (ambos sexos), *L. costatus* (hembras) y *A. reticularis* (machos); tallas grandes, *S. pugilis* (ambos sexos) y *P. diogenes* (hembras).

A. narinari tuvo una dieta especialista principalmente de *S. pugilis*, *A. reticularis*, *L. costatus* y *P. diogenes*.

Las presas potenciales (vivas) más importantes en la zona de muestreo del bentos fueron: *S. pugilis* y *P. diogenes*.

Los pescadores creen que *A. narinari* se encuentra en zonas con fondo lodoso y que existe una segregación por talla. Mencionan que en la época de agregación (enero a abril), *A. narinari* se acerca a alimentarse y posteriormente se van a aguas más profundas.

Las especies del bentos que presentaron mayores indicadores de abundancia fueron las mismas que presentaron valores de contribución altos en la dieta de los organismos (*A. narinari*) de tamaño mediano y grande. Esto significa que existe una relación entre la diversidad de especies-presa identificadas en el contenido estomacal y la diversidad de especies megabentónicas en la zona de mayor presión pesquera.

La contribución del conocimiento local de los pescadores, así como el análisis previo de las estructuras y tejidos de las especies-presas potenciales de la zona de muestreo, fueron de gran ayuda para el estudio de la dieta de *A. narinari* que se capturaron en la misma zona.

12. Literatura citada

Ajemian MJ. 2011. Foraging ecology of large benthic mesopredators: effects of myliobatid rays on shellfish resources. [Tesis de doctorado]. The University of south Alabama college of arts and sciences, Estados Unidos. 241 p.

Ajemian MJ, Powers SP, Murdoch TJT. 2012. Estimating the Potential Impacts of Large Mesopredators on Benthic Resources: Integrative Assessment of Spotted Eagle Ray Foraging Ecology in Bermuda. *Plos One* 7 (7): 1-17.

Alfonso H, López C. 2005. Distribución espacio-temporal de la meiofauna béntica en cuatro playas del Litoral Norte de la Habana. *Rev. Biol. Trop.* 54(3): 985-995.

Bassos-Hull K, Wilkinson KA, Hull PT, Dougherty DA, Omori KL, Ailloud LE, Morris JJ, Hueter RE. 2014. Life history and seasonal occurrence of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*, in the eastern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fishes* 97: 1039–1056.

Begossi A, Silvano RAM. 2008. Ecology and ethnoecology of dusky grouper [garoupa, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)] along the coast of Brazil. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 4 (1): 1-20.

Bhattacharjee A. 2012. *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices*. Textbooks. Tampa, Florida.

Bigelow HB, Schroeder WC. 1948. *Fishes of the Western North Atlantic (Part two), Sawfishes, Guitarfishes, Skate and Rays*.

Boicourt WC, Wiseman WJ, Valle-Levinson A, Atkinson LP. 1998. Continental shelf of the Southeastern United States and Gulf of Mexico: In the shadow of the Western Boundary Current. En: Robinson R, Brink KH. eds. *The Sea*. John Wiley & Sons. 11: 135-182.

Bornatowski H, Wosnick N, Carmo WPD, Corrêa MFM, Abilhoa V. 2014. Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal waters of southern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom.* 94 (7): 1491-1499.

Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27 (4): 325-349.

Cailliet GM. 1977. Several approaches to the feeding ecology of fishes. En: Simenstad C, Lipovsky S. eds. Proceedings of the First Pacific Northwest Technical Workshop, Fish Food Habits Studies, Sea Grant Publ. WSG-WO-77-2: 1–13.

Cherel Y, Hobson KA. 2007. Geographic variation in carbon stable isotope signatures of marine predators: A tool to investigate their foraging areas in the Southern Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 329: 281-287.

Chipps SR, Garvey JE. 2006. Assessment of Food Habits and feeding patterns; American Fisheries Society. Chapter 11: 473-514.

Clarke KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities, An approach to statistical analysis and interpretation, 2a ed., UK, Plymouth Marine Laboratory.

Collins AB, Heupel MR, Hueter RE, Motta PJ. 2007. Hard prey specialists or opportunistic generalists? An examination of the diet of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. *Mar. Freshw. Res.* 58:135–144.

Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.

CONAPESCA. 2013. Anuario Estadístico de Acuicultura y pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México.

Cortés E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 4: 726-738.

Costello MJ. 1990. Predatorfeeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.* 36: 261-263.

Cuevas Zimbrón E. 2010. Pesquería de la raya pinta *Aetobatus narinari* en el sureste del Golfo de México: tasas de captura y estructura poblacional. [Tesis de maestría]. El Colegio de la Frontera Sur, México. 125 p.

Cuevas-Zimbrón E, Pérez-Jiménez JC, Méndez-Loeza I. 2011. Spatial and seasonal variation in a target fishery for spotted eagle ray *Aetobatus narinari* in the southern Gulf of Mexico. Fish. Sci. 77: 723–730.

Cuevas E, Pérez JC, Méndez I. 2013. Efecto de factores ambientales y la asignación del esfuerzo pesquero sobre las capturas de la raya *Aetobatus narinari* (Rajiformes: Myliobatidae) en el sur del golfo de México. Rev. Biol. Trop. 61: 1341–1349.

Dean MN, Wilga CD, Summer AP. 2005. Eating without hands or tongue: specilization, elasporation and the evolution of prey processing mechanisms in cartilaginous fishes. Biol. Lett. 1: 357-361.

DOF. 2010. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, México. Estrategias y acciones para regular la pesca en México. 2 de diciembre de 2010.

DOF, 2013. Épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. 23 de Julio de 2013.

Dubick JD. 2000. Age and growth of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790), from southwest Puerto Rico with notes on its biology and life history. M.S. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez. 158 p.

Eleftheriou A, McIntyre A. 2005. Methods for the Study of Marine Benthos. 3ª eds., Reino Unido, Blackwell Science.

Fisher J, Jorgensen J, Josupeit H, Kalikoski D, Lucas CM. 2015. Fishers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries. Applications, experiences and lessons in Latin America. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 591 Roma 278 p.

- Flores-Ortega J, Godínez-Domínguez E, González-Sansón G, Rojo-Vazquez JA, Morales-Jáuregui MY, Corgos A. 2011. Feeding habits of three round stingrays (Rajiformes: Urotrygonidae) in the central Mexican Pacific. *Ciencias Mar.* 37: 279–292.
- Gío-Argaez R, Machain-Castillo ML, Gaytan Caballero A. 2002. Los ostrácodos de la zona económica exclusiva de México Parte I. La Bahía de Campeche. *Jaina* 13:1–11.
- González NE. 1998. Taxonomía de moluscos (mollusca). Chetumal, México, Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Harris M. 1976. History and Significance of the Emic/Etic Distinction. *Ann. Rev. Anthr.* 5: 329–50.
- Heithaus MR, Dill LM, Marshall GJ, Buhleir B. 2002. Habitat use and foraging behavior of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in a seagrass ecosystem. *Mar. Biol.* 140: 237-248.
- Heithaus MR, Frid A, Wirsing AJ, Worm B. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends Ecol. Evol.* 23: 202–210.
- Hernández-Arana HA, Rowden AA, Attrill MJ, Warwick RM, Gold-Bouchot G. 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58: 825-841.
- Hernández JL, Ruiz JA, Toral RE, Arena V. 2005. Camarones, langostas y cangrejos de la Costa Este de México. México, Volumen I, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411–429.
- Iversen ES, Jory DE, Bannerot SP. 1986. Predation on queen conchs, *Strombus gigas*, in the Bahamas. *Bull. Mar. Sci.* 39(1): 61–75.

Jackson JB, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, et al. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*. 293: 629–637.

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

Kolmann MA, Crofts SB, Dean MN, Summers AP, Lovejoy NR. 2015. Morphology does not predict performance: jaw curvature and prey crushing in durophagous stingrays. *Journal of Experimental Biology*. 218: 3941–3949.

Krebs CJ. 1985. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª ed., México, Harla.

Kyne PM, Ishihara H, Dudley SFJ, White WT. 2006. *Aetobatus narinari*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006. Version 2010.3. (Consultado el 02 abril 2017) <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/39415/0>.

Last PR, White WT, Gledhill DC, Hobday AJ, Brown R, Edgar GJ, Pecl G. 2011. Long-term shifts in abundance and distribution of a temperate fish fauna: A response to climate change and fishing practices. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 20:58–72.

Lucifora LO, García VB, Menni RC, Escalante AH, Hozbor NM. 2009. Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: Ecological and applied implications. *Ecol. Res.* 24:109–118.

Marshall AD, Kyne PM, Bennett MB. 2008. Comparing the diet of two sympatric urolophid elasmobranchs (*Trygonoptera testacea* Müller & Henle and *Urolophus kapalensis* Yearsley & Last): Evidence of ontogenetic shifts and possible resource partitioning. *J. Fish Biol.* 72:883–898.

McEachran JD, Carvalho MR. 2002. Batoid Fishes. En: Carpenter KE. editor. 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 No. 5. p. 578-585.

Mikkelsen PM, Bieler R. 2008. Seashells of southern Florida: living marine mollusks of the Florida keys and adjacent regions. Princeton, New Jersey, University Press.

Monreal-Gómez MA, Salas de León DA, Padilla-Pilotze AR, Alatorre MA. 1992. Hydrography and estimation of density currents in the southern part of the Bay of Campeche, Mexico. *Cienc. Mar.* 18 (4): 115-133.

Mourin B, Bode A, Varela M, Ferna A, Armas DD, Maran E. 2012. Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. *ICES J. Mar. Sci.*: 1-7.

Nelson GA, Ross MR. 1995. Gastric evacuation in little skate. *J. Fish Biol.* 46:977–986.

Ortega-Puch BJ. 2008. Caracterización de la pesquería de caracol en Seybaplaya, Campeche, [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Campeche. 62 p.

Papastamatiou YP, Purkis SJ, Holland KN. 2007. The response of gastric pH and motility to fasting and feeding in free swimming blacktip reef sharks, *Carcharhinus melanopterus*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 345:129–140.

Pinkas L, Oliphant MS, Iverson IL. 1970. Fish Bulletin 152. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito In California Waters. eScholarship University of California. 105 p.

Platell ME, Potter IC, Clarke KR. 1998. Resource partitioning by four species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in coastal waters of temperate Australia. *Mar. Biol.* 131: 719–734.

Posada-Vanegas G, Vega-Serratos BE, Silva-Casarín R. 2013. Peligros Naturales en el Estado de Campeche Cuantificación y Protección Civil, Campeche. México: Secretaria de Gobierno del Estado de Campeche.

Prellezo R, Lazkano I, Santurtún M, Iriondo A. 2009. A qualitative and quantitative analysis of selection of fishing area by Basque trawlers. *Fish. Res.* 97:24–31.

Prugh LR, Stoner CJ, Epps CW, Bean WT, Ripple WJ, Laliberte AS, Brashares JS. 2009. The Rise of the Mesopredator. *BioScience* 59: 779–791.

Randall JE. 1964. Contributions to the biology of the Queen Conch, *Strombus gigas*. *Bull. Mar. Sci.* 14(2): 246–295.

Rivera-Arriaga E, Alpuche Gual L, Negrete Cardoso M, Nava Fuentes CJ, Edgar Lemus P, Arriga Zepeda C. 2012. Programa de Manejo Costero Integrado para el Saneamiento de la Bahía de San Francisco de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche.

Roff G, Doropoulos C, Rogers A, Bozec Y, Krueck NC, Aurellado E, Priest M, Birrell C, Mumby PJ. 2016. The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs. *Trends Ecol. Evol.* 20:1–13.

Ross ST. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia* 2: 352–388.

Schluessel V, Bennett MB, Collin SP. 2010. Diet and reproduction in the white-spotted eagle ray *Aetobatus narinari* from Queensland, Australia and the Penghu Islands, Taiwan. *Mar. Freshwater Res.* 61(11): 1278–1289.

Silvano RAM, Silva AL, Ceroni M, Begossi A. 2008. Contributions of ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 18:241–260.

Stehlik LL, Phelan BA, Rosendale J, Hare JA. 2015. Gastric evacuation rates in male Clearnose Skate (*Leucoraja eglanteria*) in the laboratory. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 47:29–36.

Stevens JD, Bonfil R, Dulvy NK, Walker PA. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476–494.

Stiling PD. 1999. *Ecology: theories and applications*. 3a ed., New Jersey: Prentice-Hall.

- Tagliafico A, Rago N, Rangel S, Mendoza J. 2012. Exploitation and reproduction of *Aetobatus narinari* in the Los Fragiles Archipelagos, Venezuela. *Fish Bulletin*. 110: 307-316.
- Tunnell JW, Barrera NC, Moretzshn F. 2014. *Texas seashells: a field guide*. Texas A&M University Press, Estados Unidos.
- Vidal VMV, Vidal FV, Hernández AF, Meza E, Zambrano L. 1994. Winter water mass distributions in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *J. Oceanogr.* 50(5): 559–588.
- Ward-Paige CA, Mora C, Lotze HK, Pattengill-Semmens C, McClenachan L, Arias-Castro E, Myers RA. 2010. Large-scale absence of sharks on reefs in the greater-caribbean: A footprint of human pressures. *PLoS One*. 5 (8): 1-10.
- Wetherbee BM, Cortés E. 2004. Food Consumption and Feeding Habits. En: Carrier JC, Musick JA, Heithaus RR. eds. *Biology of Sharks and their Relatives*. 2a edición. Boca Raton, FL. p. 225-245.
- White WT, Furumitsu K, Yamaguchi A. 2013. A new species of eagle ray *Aetobatus narutobiei* from the Northwest Pacific: An example of the critical role taxonomy plays in fisheries and ecological sciences. *PLoS One*. 8 (12): 1-11.
- White WT, Last PR, Naylor GJP, Jensen K, Caira JN. 2009. Clarification of *Aetobatus ocellatus* (Kuhl, 1823) as a valid species, and a compararison with *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790) (Rajiformes: Myliobatidae). En: Last PR, White WT, Pogonoski JJ. eds. *Descriptions of New Sharks and Rays from Born*. CSIRO Mar. Atmos. Res. Pap. 32: 1-165.
- White WT, Moore ABM. 2013. Redescription of *Aetobatus flagellum* (Bloch & Schneider, 1801), an endangered eagle ray (Myliobatoidea: Myliobatidae) from the Indo-West Pacific. *Zootaxa* 3752: 199–213.
- Williams AB. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution, Estados Unidos.

13. Anexos

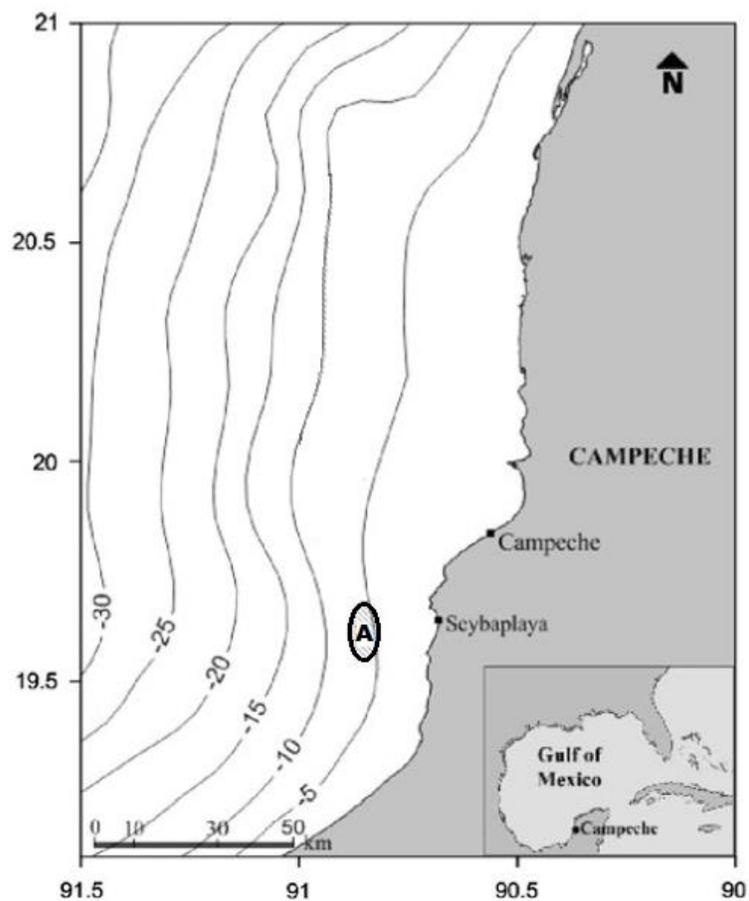
Anexo 1

Puertos pesqueros del estado de Campeche donde se captura *A. narinari*, y descripción del arte de pesca.

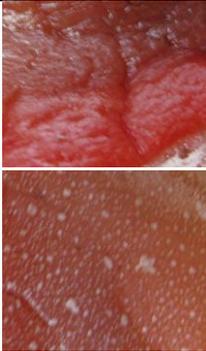
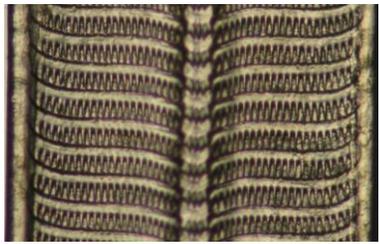
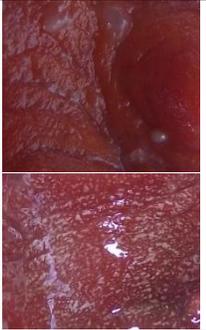
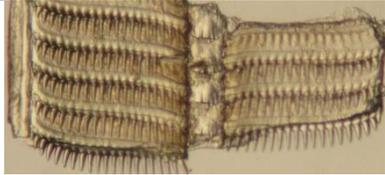
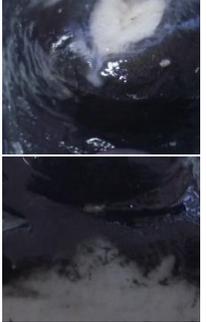
	¹ Seybaplaya	² Champotón	¹ Isla arena	¹ Isla aguada	¹ Campeche	¹ Villa madero
Número de embarcaciones	12	8	4	3	2	1
Temporada de pesca	febrero-julio	enero-julio	enero-julio	enero-julio	enero-abril	enero-julio
Tamaño de la embarcación (m)	7-7.6	7	7-7.6	7-7.6	7-7.6	7
Luz de malla	36.5-46	32-40	43	33-38	30.5	32-40
Posición de la red	Fondo	Superficie Fondo	Superficie	Superficie	Superficie	Fondo
Momento del día en que pescan	Día y noche	Noche	Día y noche	sd	Noche	sd
Días de viaje	1	1-2	1	sd	1-3	sd
Tiempo efectivo de pesca (horas)	19	8.72	7	sd	12	sd
Dirección a la zona de pesca (millas)	Oeste	Norte Noroeste 270-350°	Sur	sd	Noroeste Suroeste	sd
Profundidad en la zona de pesca (m)	6-8m	8.8	3	3-10	8-12	3-10
Distancia desde la costa a la zona de pesca (km)	8-15	45.7	9	2-8	30-50	2-8

¹ Cuevas-Zimbrón (2011), ² Datos sin publicar de Juan Carlos Pérez Jiménez (2011-2016).

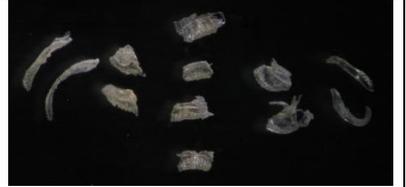
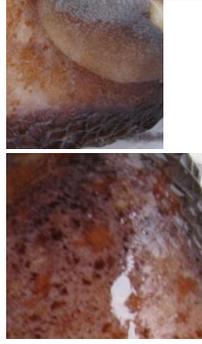
Mapa de la batimetría del Noroeste del estado de Campeche y posible zona de pesca **(A)** de la raya *A. narinari* en el sur del Golfo de México (Mapa de NOAA's ETOPO1 Global Gridded 1-minute Database).



Guía de identificación de gasterópodos, bivalvos y artrópodos, basada en los tejidos y partes duras que se pueden encontrar en el contenido estomacal de *A. narinari*.

Especie	Gasterópodos				Rádula
	Rostro	Textura y color	Opérculo	Boca	
<i>Fasciolaria tulipa</i>					
<i>Triplofusus giganteus</i>					
<i>Busycon</i> spp.					

Lobatus costatus



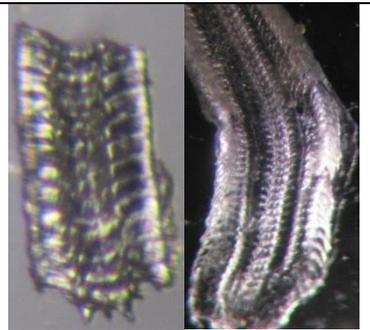
Strombus pugilis



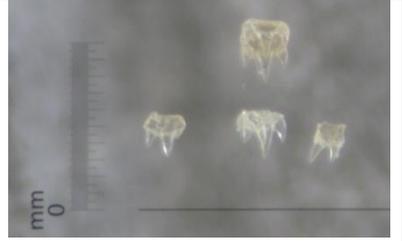
Turbinella angulata



Americoliva reticularis



Vasum muricatum



Melongena melongena



Bivalvos

Arcinella cornuta



Chione



Dosinia discus



Dosinia concentrica



<i>Lucina pensylvanica</i>	Pectinidae	<i>Atrina rigida</i>	
			

Artrópodo		
<i>Petrochirus diogenes</i>		

Encuesta a pescadores de Raya pinta del Puerto de Seybaplaya.

Fecha ____ / ____ / 2016 Encuestador _____ No. de encuesta _____

Estado: _____ Localidad: _____

Nombre del Pescador: _____

Conocimiento de pesca de la Raya pinta (RP)

Le enseñaron Por experiencia

Tipo de fondo donde se encuentra la RP

Algas Piedras Arena Fango Otros: _____

Distancia desde la costa donde se encuentra la RP _____

Profundidad donde se encuentra la RP _____

Porque creen que se agregan las rayas en esa zona _____

Cuando termina la agregación, a donde creen que se va la RP: _____

De que se alimenta la RP

Almejas _____ Caracoles _____

¿Cómo sabe de qué se alimenta la RP? _____

¿Las rayas de gran tamaño comen lo mismo que las rayas pequeñas? _____

¿Dónde se observan los individuos grandes y donde los pequeños? _____

¿Que otro pez come lo mismo que la RP? _____

En la naturaleza ¿quién se come a la RP? _____

Índice de importancia relativa (IIR) de las especies-presa para los diferentes grupos de talla: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm) y sexo (H= hembra y M= macho) de *A. narinari*.

Especies-presa	Grupos por talla y sexo					
	H1	H2	H3	M1	M2	M3
Molusco						
Molusco SI	0.99	8.78	0.32	1.74	1.46	0.4
Gasterópodo SI	0.48	5.8	0.13	3.86	8.15	1.54
<i>Strombus</i> SI		0.31			0.06	
<i>Lobatus costatus</i>	0.01	<u>23.6</u>	3.91		8.18	1.05
<i>Strombus pugilis</i>	4.23	<u>19.04</u>	<u>53.92</u>	<u>17.69</u>	<u>56.47</u>	<u>95.59</u>
<i>Americoliva reticularis</i>	<u>90.44</u>	4.8	0.07	<u>74.22</u>	<u>17.91</u>	0.03
<i>Turbinella angulata</i>	0.06	2.18	0.32		0.2	
<i>Triplofusus giganteus</i>	0.08	2.63	2.37		0.03	0.11
<i>Fasciolaria tulipa</i>	0.43	13.81	2.14		0.03	0.11
<i>Busycon</i> SI	0.04	5.92	6.48		1.86	0.09
Bivalvo SI	0.06	0.15	0.2	0.3	1.43	
Bivalvo amarillo	2.23	0.04		0.37	0.24	
Bivalvo anaranjado				0.1	0.21	0.77
Bivalvo blanco	0.87			0.14	1.72	0.04
Bivalvo largo		3.15			0.05	
Bivalvo rosado				1.22	0.48	0.05
Pinnidae			0.11			
Crustáceo						
Cangrejo ACC		0.06			0.02	0.03
<i>Petrochirus diogenes</i>		9.71	<u>29.82</u>		1.4	0.13
Equinodermo						
Equinodermo SI		0.06		0.31	0.02	

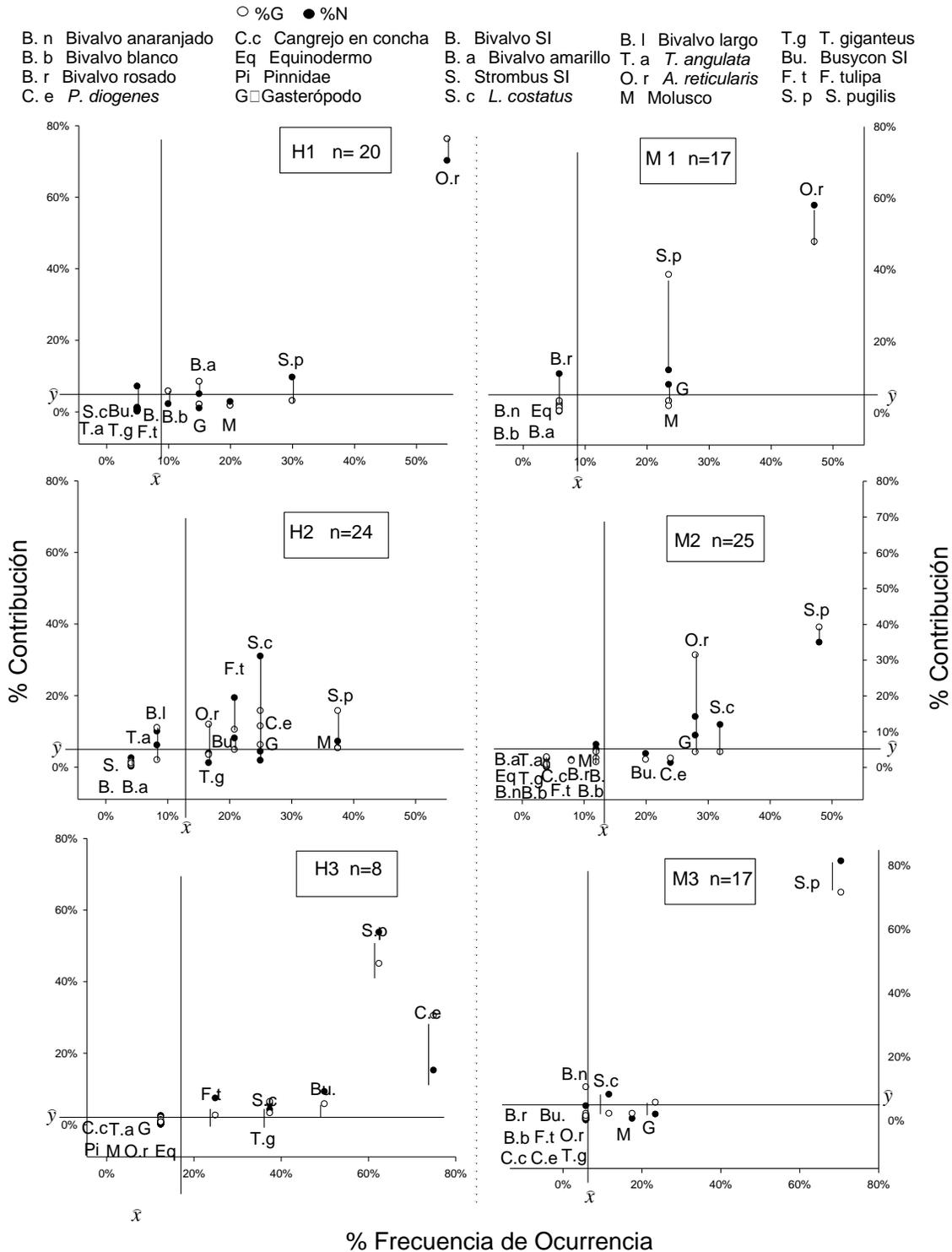


Diagrama de la clasificación de presas de *A. narinari* hembras (H) y machos (M) de diferentes grupos de tallas (Grupo 1(<100 cm), Grupo 2 (100-120 cm), Grupo 3

(>120 cm)), según el porcentaje de contribución gravimétrica y numérica (eje Y), y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (eje X), n= número de muestra, basado en Costello (1990).

Anexo VII

Análisis estadístico de similitud (ANOSIM) entre Hembras (H), Machos (M) de diferentes Grupo de tallas: 1(<100 cm), 2(100-120 cm) ,3(>120 cm) de *A. narinari*, basados en su contribución gravimétrica (%G) y numérica (%N) de Especies-presa. R global (G), valores de R y nivel de significancia (P).

		%G		%N	
		R	P	R	P
G		0.094	0.001	0.059	0.004
Organismos de diferente sexo y Grupo de tallas	H3, M2	-0.086	0.873	-0.067	0.802
	M2, M3	-0.008	0.521	-0.002	0.443
	H2, H3	-0.101	0.954	-0.071	0.858
	H2, M3	0.047	0.092	0.063	0.067
	M1, M2	0.079	0.04	0.071	0.029
	H1, M2	0.069	0.035	0.077	0.02
	H2, M1	0.097	0.016	0.089	0.018
	H1, H2	0.089	0.014	0.098	0.01
	H1, H3	0.135	0.042	0.186	0.014
	H1, M3	0.156	0.006	0.173	0.002
	M1, M3	0.166	0.002	0.17	0.001
	H3, M1	0.179	0.013	0.188	0.005
	H1, M1	-0.032	0.833	-0.027	0.775
	H2, M2	0.024	0.161	0.027	0.149
	H3, M3	0.062	0.219	0.134	0.079

Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de los organismos del mismo sexo y entre sexos de *A. narinari*, basada en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número de organismos-presa (%N= numérico) de los grupos de presas y por especie-presa.

Similitud entre organismo	Mismo sexo		Hembra		Macho	
			%G	%N	%G	%N
	Mismo sexo	Por grupo de presas	28.3	40	35.6	46.2
		Por especie-presa	12.2	19	13	19.1
Contribución a la dieta por:	Grupo de presa	Gasterópodo	82.6	79.9	94.4	92.2
		Molusco SI	10.4	13.6		
	Especie-presa	<i>A. reticularis</i>	25.8	28.1	15.8	17.3
		Molusco SI	24.2	27.5	5.6	7.7
		<i>S. pugilis</i>	19.1	18.4	58.8	51
		<i>P. diogenes</i>	9.6	8.3		
		<i>L. costatus</i>	6.6			5.4
		Gasterópodo SI	3.7	5.2	10.4	12.2
		<i>F. tulipa</i>	3.3			
		<i>Busycon</i> spp.		3.6		

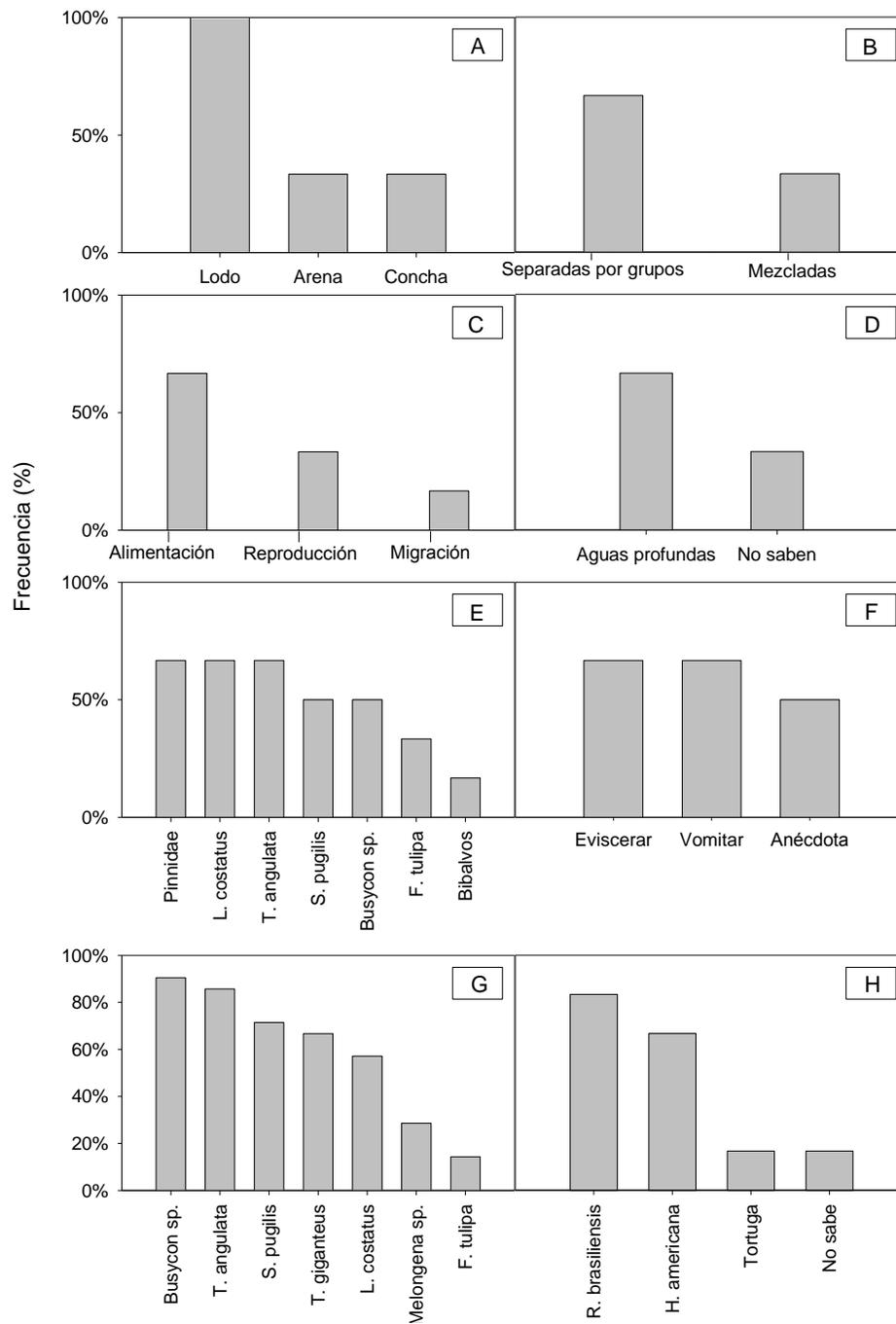
Anexo IX

Porcentaje de similitud (SIMPER) entre la dieta de grupos de tallas similares y entre diferentes grupos de tallas de *A. narinari*, basado en la contribución del peso (%G= gravimétrico) y el número de organismos (%N= numérico) de las presas.

Grupo de tallas			Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 1 vs 2		Grupo 1 vs 3		Grupo 2 vs 3	
			%G	%N	%G	%N	%G	%N	%G	%N	%G	%N	%G	%N
Similitud entre organismos:	Misma talla	Por grupo de presas	30.9	41.4	31.1	42.3	<u>38.5</u>	<u>50.8</u>						
		Por especie-presa	11.4	18.7	11.6	17.1	18.5	26.8						
	Diferente talla	Por grupo de presas							28.8	41.1	32.6	43.5	<u>45.9</u>	<u>46.7</u>
		Por especie-presa							9.1	14.2	8.3	11.7	14.9	20
Contribución a la dieta por:	Grupo de presa	Gasterópodo	92.3	91.4	87.2	83.7	92.1	89.2						
		Molusco SI			6.9	9.4								
		Crustáceo							7.5					
	Especie-presa	<i>A. reticularis</i>	<u>62.3</u>	<u>62.5</u>	6.1	7.4								
		Molusco SI	<u>13.7</u>	<u>15.2</u>	<u>18.5</u>	<u>23.3</u>	3.9							
		<i>S. pugilis</i>	11	12.2	<u>40.2</u>	<u>33.6</u>	<u>79.7</u>	<u>74.6</u>						
		Gasterópodo SI	9.6	8		10.3	6.8							
		<i>L. costatus</i>			10.6	8.6								
<i>P. diogenes</i>			6.6	7.6	<u>8.4</u>	<u>8.8</u>								

Número de organismos megabentónicos vivos y muertos encontrados en los transectos de muestreo en el municipio de Seybaplaya

Organismos	Vivo	Muerto	Organismos	Vivo	Muerto
Echinodermata			Mollusca		
Holothuroidea	6		Bivalvia		
Echinoidea	15		<i>Chione</i>	72	108
Arthropoda			<i>Atrina rigida</i>	5	2
<i>Petrochirus diogenes</i>	95		<i>Dosinia concentrica</i>	2	9
Menippidae	35		<i>Globivenus rigida</i>	1	1
Mollusca			<i>Lucina pensylvanica</i>	1	
Gasterópoda			<i>Tellidora cristata</i>	1	
<i>Strombus pugilis</i>	672	62	<i>Arcinella cornuta</i>	1	5
Muricidae	1		<i>Megapitaria maculata</i>		22
<i>Americoliva reticularis</i>	1	1	Plicatulidae		26
<i>Lobatus costatus</i>	1		<i>Anadara transversa</i>		13
<i>Turbinella angulata</i>	1		<i>Laevicardium</i>		12
<i>Busycon</i>		4	<i>Anodontia alba</i>		9
Cerithiidae		1	<i>Dallocardia muricata</i>		7
<i>Fasciolaria tulipa</i>		1	Mytilidae		5
<i>Ficus</i>		5	<i>Trachycardium egmontianum</i>		3
			<i>Carditamera</i>		2
			Pectinidae		2
			<i>Semele purpurascens</i>		2
			Spheniopsidae		2
			<i>Arca</i>		1
			<i>Anomiidae</i>		1
			<i>Brachidontes</i>		1
			Ostreidae		1
			<i>Dinocardium robustum</i>		1
			<i>Dosinia discus</i>		1
			Solecurtidae		1
			<i>Pseudochama cristella</i>		1

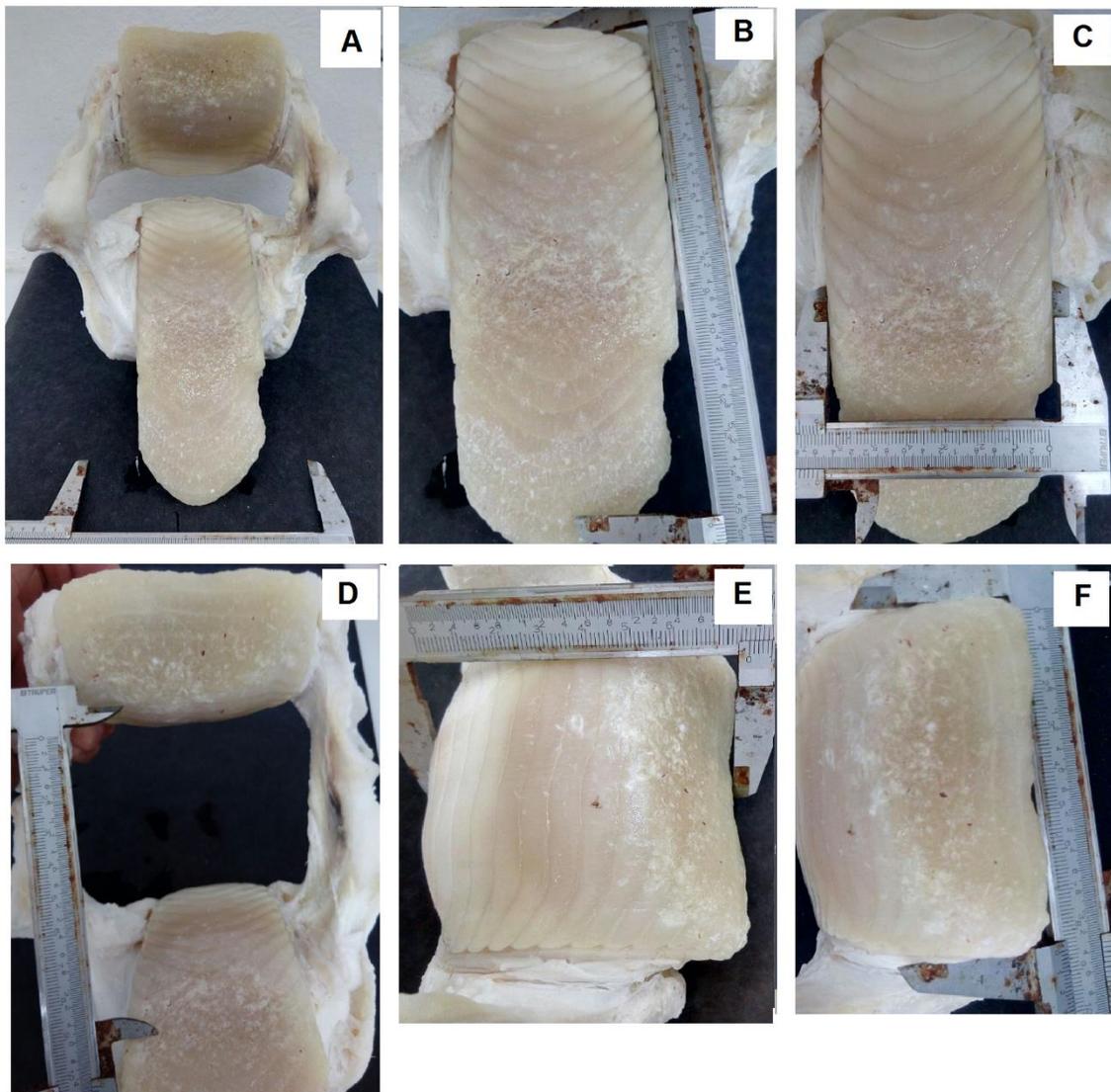


Resultados de las entrevistas a pescadores sobre *A. narinari*: (A) Tipo de fondo donde se encuentra, (B) Si presentan segregación, (C) Causas de agregación, (D) Qué hacen después de la agregación, (E) Especies de presas de *A. narinari*, (F)

Método por el que conocen la alimentación de *A. narinari*, (G) Especies de moluscos capturadas con la red de seda, (H) Organismos con alimentación similar.

Anexo XII

Fotografía de las placas dentarias de un organismo de *A. narinari* con 174 cm de ancho de disco, capturada en la localidad de Seybaplaya, en el estado de Campeche. Mandíbula completa (A), largo de la placa inferior (B), ancho de la placa inferior (C), máxima apertura entre las placas (D), largo de la placa superior (E), y ancho de la placa superior (F).



Comparación entre: Las especies-presa de la dieta de *A. narinari* (dieta), presas potenciales colectadas en los muestreos del bentos (bentos) y presas potenciales colectadas por pescadores de *A. narinari* (pescadores).

Especies-presa	Dieta	Bentos	Pescadores
Moluscos			
<i>Strombus pugilis</i>	X	X	X
<i>Americoliva reticularis</i>	X	X	X
<i>Lobatus costatus</i>	X	X	X
<i>Turbinella angulata</i>	X	X	X
<i>Triplofusus giganteus</i>	X		X
<i>Fasciolaria tulipa</i>	X		X
<i>Busycon</i> SI	X		X
Bivalvos SI	X		
Pinnidae	X	X	
Crustáceo			
Cangrejo ACC	X	X	
<i>Petrochirus diogenes</i>	X	X	
Equinodermo			
Equinodermo SI	X		
Holothuroidea		X	
Echinoidea		X	

Valores de las curvas de acumulación de presas potenciales encontradas en los puntos de muestreo del bentos en Seybaplaya. R²: coeficiente de determinación, Asíntota: valor calculado donde alcanza la asíntota, Pendiente: medida de inclinación de la curva, Sobs: proporción de especies que fueron registradas, Presas: número de especies-presa registradas para cada grupo, n: número de puntos de muestreos.

Muestreo de presas potenciales del bentos.	
R ²	0.99
Asíntota	27.84
Pendiente	0.57
Sobs	46%
Presas	13
n	12