

Hábitos alimenticios de la Mojarra Mueluda *Calamus brachysomus* (Teleostei: Sparidae) en el centro del Golfo de California, Baja California Sur, México

Anabel Veranes-Dip¹, Xchel G Moreno-Sánchez^{1*}, Arturo Tripp-Valdez¹, Marina S Irigoyen-Arredondo^{2,3}, Leonardo A Abitia-Cárdenas¹

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del artículo:

Recibido 22 junio 2023
Aceptado 06 junio 2024
Publicado 19 junio 2024

READ IN ENGLISH:

<https://doi.org/10.7773/cm.v2024.3428>

AUTOR DE CORRESPONDENCIA

* E-mail: xchel.moreno@gmail.com

- ¹ Departamento de Pesquerías and Biología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 23096 La Paz, BCS, México.
- ² Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 23085 La Paz, Baja California Sur, México.
- ³ Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, 03940 Ciudad de Mexico, México.

RESUMEN. La Mojarra Mueluda (*Calamus brachysomus*) es un pez de importancia comercial en Baja California Sur, México, donde se reproduce durante todo el año. Los hábitos alimenticios de los peces pueden cambiar durante las etapas reproductivas en respuesta a cambios en la demanda energética. El objetivo de este estudio fue caracterizar los hábitos tróficos de la Mojarra Mueluda y sus variaciones por sexo, etapa reproductiva y temporada. Se obtuvieron muestras mensuales de julio de 2015 a julio de 2016 en el centro del Golfo de California. Se analizó el contenido estomacal de 235 ejemplares (108 machos y 127 hembras). El espectro trófico se conformó por 90 presas, incluyendo 58 moluscos, 14 equinodermos, 13 artrópodos, 2 cordados, 1 anélido, 1 porífero y restos de algas. Según el índice de importancia relativa de presas específicas (%PSIRI), las presas más importantes fueron los bivalvos *Transennella* spp. (7.24%), *Argopecten* spp. (6.94%), *Anadara* spp. (6.25%), *Septifer zeteki* (6.19%) y *Tivela* spp. (6.1%). El espectro trófico varió significativamente por temporada climática, pero no por sexo o etapa reproductiva. No hubo interacciones significativas entre sexo y temporada o sexo y etapa reproductiva. El nicho trófico de *C. brachysomus* es estrecho ($B_i = 0.31$). Las gráficas de Costello indicaron la dominancia de pocas especies, con cambios en la abundancia relativa de las especies presa. Según el nivel trófico de la Mojarra Mueluda, esta especie se clasificó como consumidor terciario (3.18). Por lo tanto, *C. brachysomus* representa un eslabón importante entre los niveles tróficos superiores e inferiores. Basándonos en estos resultados, inferimos que *C. brachysomus* es un depredador oportunista que se alimenta activamente durante todas las etapas reproductivas. Por ende, los requerimientos energéticos necesarios para la reproducción están cubiertos por las presas que componen su espectro trófico sin que esta especie necesite cambiar a presas más ricas en energía.

Palabras clave: Sparidae, hábitos alimentarios, depredador oportunista, reproducción, Golfo de California.

INTRODUCCIÓN

La familia Sparidae incluye peces teleósteos que se encuentran ampliamente distribuidos en aguas tropicales y templadas (Sheaves 2006, Pavlidis y Mylonas 2011). La mayoría de los espáridos son carnívoros y se alimentan de invertebrados bentónicos (Smith 1938, Siddiqui et al. 2022), pero algunos son herbívoros u omnívoros que ingieren grandes cantidades de material vegetal (Chavance et al. 1986, Castillo-Rivera et al. 2007). Cabe señalar que los espáridos exhiben una amplia variedad de sistemas de apareamiento y estrategias reproductivas, como el gonocorismo y hermafroditismo simultáneo y

secuencial (Buxton y Garrat 1990, De Mitcheson y Liu 2008), y periodos reproductivos relativamente largos (Houde 1975, Pavlidis y Mylonas 2011). Varios miembros de esta familia son importantes para la pesca ribereña recreativa debido a su alto valor económico y su captura se destina al consumo humano (Hoşsucu y Cakir 2003, Pavlidis y Mylonas 2011).

La Mojarra Mueluda (*Calamus brachysomus*) es el único representante de la familia Sparidae que se distribuye en el Pacífico tropical oriental y el Golfo de California (Salas et al. 2011). Los juveniles habitan en aguas poco profundas sobre sustratos mixtos arenosos y rocosos. Los adultos se encuentran en fondos arenosos y en los márgenes de arrecifes

Acceso abierto

En línea ISSN: 2395-9053

Verificado con Similarity Check impulsado por iThenticate

<https://doi.org/10.7773/cm.v2024.3428>



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite compartir y adaptar el trabajo, siempre y cuando se dé el crédito apropiado a los autores originales y la fuente, proporcione un enlace a la licencia Creative Commons e indique si se realizaron cambios. Las figuras, tablas y otros elementos del artículo están incluidos en la licencia CC BY 4.0 del artículo, a menos que se indique lo contrario. Debe solicitar permiso al titular de los derechos de autor para utilizar material no cubierto por esta licencia. El título de la revista está protegido por derechos de autor propiedad de la Universidad Autónoma de Baja California, y el título y el logotipo de la revista no están sujetos a esta licencia.

rocosos a una profundidad máxima de ~80 m (Eschmeyer et al. 1983, Thomson 1987). Aunque la Mojarra Mueluda no es la especie objetivo de una pesquería dirigida, se captura en grandes volúmenes como captura incidental en pesquerías ribereñas multiespecíficas en México (CONAPESCA 2021) y es común en los mercados regionales (Baja California Sur) y nacionales (Veranes-Dip et al. 2022).

Los estudios biológicos de muestras obtenidas en Bahía Magdalena, Baja California Sur (BCS), de la Mojarra Mueluda incluyen descripciones de huevos y larvas y reportan temperaturas de eclosión de 20 a 26 °C (Matus-Nivón et al. 1987, 1989). Esta especie se reproduce todo el año en Santa Rosalía, BCS, con 2 picos reproductivos (mayo-julio y noviembre) cuando la temperatura superficial del mar (TSM) oscila entre 21 y 28 °C (Veranes-Dip et al. 2022).

El único estudio previo sobre la dieta de la Mojarra Mueluda reportó que las principales presas de *C. brachysomus* eran invertebrados, como bivalvos, gasterópodos, equinodermos y crustáceos, y ocasionalmente peces pequeños (Abitia-Cárdenas et al. 1990). Otro estudio, que agrupó a la Mojarra Mueluda con otras 7 especies en la categoría de pequeños peces demersales, encontró que su dieta en general estaba compuesta de bivalvos, gasterópodos, cangrejos, camarones e invertebrados sésiles (Ainsworth et al. 2009). Actualmente, no hay estudios publicados sobre muchos aspectos importantes de los hábitos alimentarios de esta especie ni sobre cómo la dieta podría verse afectada por múltiples factores, como las condiciones reproductivas o las características físicas de los hábitats.

Debido a que las estrategias de alimentación pueden variar durante el periodo reproductivo en respuesta a las demandas de energía, especialmente durante la maduración y el desove (Luquet y Watanabe 1986, Saborido-Rey 2004), la información sobre los hábitos alimentarios de *C. brachysomus* durante las diferentes etapas reproductivas será útil para maximizar el esfuerzo reproductivo de la especie en condiciones de acuicultura (Mylonas et al. 2010). Dado el creciente interés en *C. brachysomus* como recurso pesquero, se debe abordar la falta de información sobre su biología. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron caracterizar los hábitos alimentarios de la Mojarra Mueluda en Santa Rosalía, BCS (Golfo de California central), y analizar posibles variaciones en la dieta en función del sexo, temporada climática y etapa reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizaron muestreos mensuales desde julio de 2015 hasta julio de 2016. En total, se recolectaron 235 especímenes de *C. brachysomus*. Los especímenes se adquirieron de las capturas comerciales obtenidas por los pescadores de Santa Rosalía en la región central de la Península de Baja California, México (Fig. 1). Un total de 480 barcos de pesca costera (6.7-10 m de eslora) operaban en la zona. *Calamus brachysomus* se capturó con redes de enmalle (malla de

10 cm) instaladas entre 10 y 35 m de profundidad (Pérez-Rojo et al. 2022).

Se registró la longitud total ($LT \pm 0.1$ cm) y el peso total ($PT \pm 0.1$ g) de cada ejemplar. El sexo y la etapa reproductiva se determinaron con base en la caracterización histológica gonadal de Veranes-Dip et al. (2022). Estos autores establecieron 3 grupos según la etapa reproductiva: en desarrollo, con capacidad de desove y post desove. Usamos estos grupos de etapas reproductivas establecidos previamente en el presente estudio.

Los datos mensuales de la TSM se obtuvieron de imágenes satelitales descargadas del Instituto Scripps de Oceanografía (<https://scripps.ucsd.edu/>). Estas imágenes fueron procesadas con Windows Image Manager (WIMSoft, Windows, Redmond, EE. UU.). Se calculó el valor medio de la TSM, y los meses con temperaturas por encima y por debajo de este valor medio (anomalías) se consideraron periodos cálidos y fríos, respectivamente. Se identificaron 2 temporadas climáticas: una temporada fría (noviembre de 2015 a mayo de 2016) y una temporada cálida (julio a octubre de 2015 y junio a julio de 2016) (Fig. 2).

Análisis trófico

El contenido estomacal se clasificó por grupo taxonómico y cada elemento se identificó al nivel taxonómico más bajo posible. Se utilizó un microscopio estereoscópico Stemi 2000-C (Zeiss, Oberkochen, Alemania) y literatura especializada para identificar presas de los siguientes grupos: equinodermos (Hendrickx 1995a, Solís-Marín et al. 2005, Hernández-Herrejón et al. 2008), gasterópodos (Baquero et al. 1982, Poutiers 1995b, Hendrickx et al. 2014, Aguilar-Estrada et al. 2017), bivalvos (Holguín-Quñones y González-Pedraza 1994, Poutiers 1995a), malacostracanos (Hendrickx 1995b, 1995c; Salgado-Barragán y Hendrickx 2010) y otros invertebrados como anélidos, poríferos e isópodos (Brusca 1980, Morris et al. 1980). Todos los nombres taxonómicos se verificaron utilizando el World Register of Marine Species (WoRMS). Se analizaron todos los datos (generales) y los datos por categoría: sexo (macho o hembra), etapa reproductiva (en desarrollo, con capacidad para desovar o post desove) y temporada (fría o cálida).

Se analizaron las curvas de acumulación de presas en los estómagos de *C. brachysomus* para todos los datos (generales) y por categoría (sexo, etapa reproductiva y temporada). Esto implicó comparar los conteos acumulados de especies de presas en el contenido estomacal con la ecuación de Clench para determinar la pendiente. Una pendiente inferior a 0.1 (valor de a) indicaba una curva asintótica y validaba la representatividad de las presas recolectadas. Además, las proporciones de las especies presa registradas determinaron la representatividad del inventario del contenido estomacal, que osciló entre cero (no representativo) y 100% (altamente representativo) (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Las curvas, el modelo y los diagramas de pendiente se generaron utilizando el paquete 'Vegan' en R v. 3.0.1. (Oksanen et al. 2016).

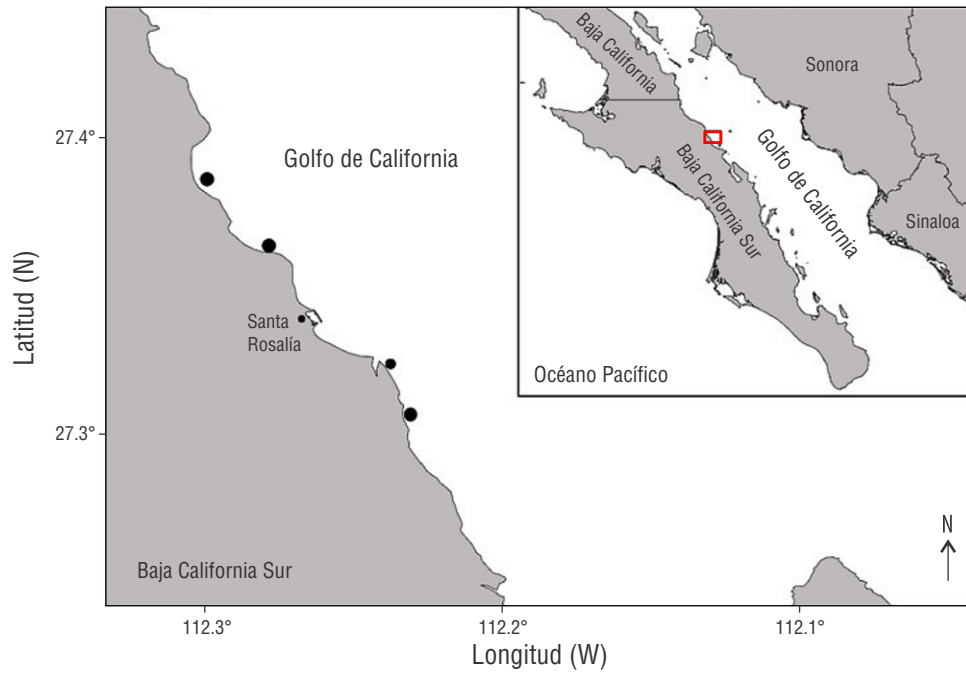


Figura 1. Área de estudio. Los puntos negros indican los sitios de muestreo de *Calamus brachysomus* en Santa Rosalía (27°20'23" N, 112°15'41" W), Baja California Sur, México.

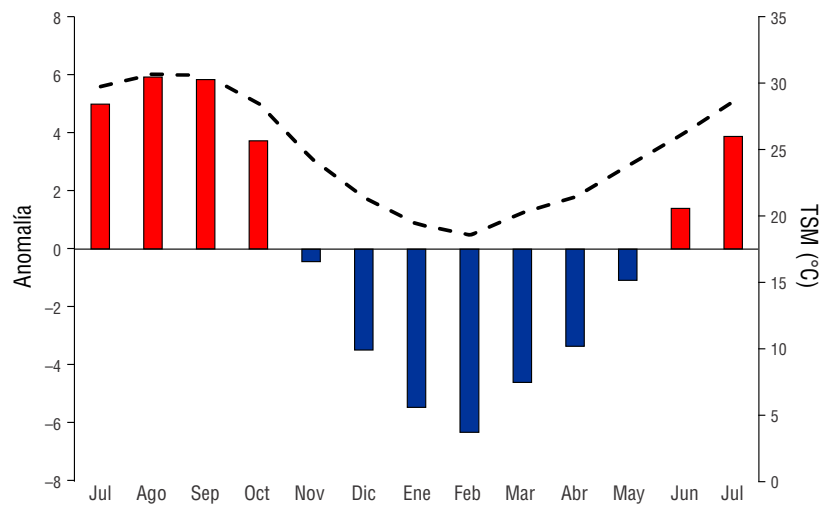


Figura 2. Temperatura de la superficie del mar (TSM) por mes (líneas punteadas) en el centro del Golfo de California desde julio de 2015 hasta julio de 2016. El eje primario muestra anomalías con respecto a la media y el eje secundario muestra la temperatura en grados Celsius. Las barras rojas indican meses cálidos (meses con la TSM por encima del valor medio) y las barras azules indican fríos.

El índice de importancia relativa de presas específicas (%PSIRI, por sus siglas en inglés), propuesto por Brown et al. (2012), se utilizó para analizar cuantitativamente la dieta de la Mojarra Mueluda. Este índice cuantifica la abundancia de presas en el estómago de un depredador mediante la siguiente ecuación:

$$\%PSIRI_i = \frac{\%FO_i \times (\%PN_i + \%PP_i)}{2}, \quad (1)$$

donde %PSIRI es la importancia relativa del índice específico de presa, %FO es la frecuencia de ocurrencia, %PN es el porcentaje por número de una presa específica y %PP es el porcentaje por peso de una presa específica.

La amplitud trófica se calculó utilizando el índice estandarizado de Levin (Hurlbert 1978). Los valores del índice inferiores a 0.6 indicaron una dieta especializada y los valores superiores a 0.6 indicaron una dieta generalista (Krebs 1999). Este índice se calculó con la siguiente ecuación:

$$B_i = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{\sum_j p_{ij}^2} \right), \quad (2)$$

donde B_i es la amplitud trófica del depredador i , p_{ij} es la proporción de la presa j en la dieta del depredador i y n es el número total de presas.

El método Costello (1990), con modificaciones de Amundsen et al. (1996), se utilizó para interpretar la estrategia de alimentación de la Mojarra Mueluda para todos los datos (generales) y por categoría (sexo, etapa reproductiva y temporada) y para corroborar los resultados de la amplitud del nicho trófico. Se pueden identificar 4 estrategias de alimentación con el método Costello: (1) una especialista con consumo de varios recursos tróficos, (2) una generalista con variaciones individuales en la amplitud trófica, (3) una especialista con consumo de un tipo de presa predominante con consumo ocasional de otras presas y (4) una estrategia mixta en la que algunos individuos de la población siguen dietas especializadas y otros dietas generalistas (Amundsen et al. 1996). Utilizamos TrophLab, el cual se puede descargar de FishBase (www.fishbase.org) (Pauly et al. 2000), para estimar la posición trófica. Este *software* utiliza la ecuación desarrollada por Christensen y Pauly (1992) para calcular el nivel trófico de los depredadores e información de fishbase.org para determinar el nivel trófico de las presas.

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis multivariado permutacional de la varianza (PERMANOVA) con 1,000 permutaciones para evaluar posibles diferencias en la dieta con respecto al sexo, la temporada y la etapa reproductiva utilizando la función 'Adonis()' en el paquete 'Vegan 2.2-1' (Oksanen et al. 2016) en R v.3.0.1. El PERMANOVA se basó en la distancia de disimilitud de Bray-Curtis con un nivel de significancia del 95%.

RESULTADOS

Espectro trófico

Se recolectaron un total de 235 especímenes de *C. brachysomus* (108 machos y 127 hembras). Todos los especímenes recolectados contenían alimento en el estómago. Los ejemplares midieron entre 15 y 37 cm LT y pesaron entre 120 y 860 g. Las curvas de acumulación de presas presentaron un buen ajuste; el número de especies presa estuvo cerca de la asíntota predicha por el modelo para toda la muestra (general) y para cada categoría (sexo, etapa reproductiva y temporada). Los valores de pendiente estuvieron entre 0.06 y 0.09 (excepto para la etapa reproductiva y la temporada fría, que tuvieron valores de pendiente de 0.1), y la proporción de especies presa registradas estuvo entre 84% y 97% (Tabla 1, Fig. 3).

La dieta estuvo compuesta de 90 presas, incluidos 58 moluscos, 14 equinodermos, 13 artrópodos, 2 cordados, 11 anélidos y 11 poríferos, así como algas no identificadas. En general, las presas más importantes según el %PSIRI fueron los bivalvos *Transennella* spp. (7.24%), *Argopecten* spp. (6.94%), *Anadara* spp. (6.25%), *Septifer zeteki* (6.19%), *Tivela* spp. (6.1%) y *Glycymeris* spp. (5.59%) (Fig. 4, Tabla 2).

Por sexo

El análisis del espectro trófico por sexo incluyó 108 estómagos de machos y 127 estómagos de hembras.

Tabla 1. Curva de acumulación de presas en estómagos de *Calamus brachysomus* en general y por categoría (sexo, estadio reproductivo y temporada).

Categoría	Ns	<i>a</i>	RF	<i>R</i> ²
General	235	0.06	96.61	0.99
Sexo				
Hembras	127	0.08	94.07	0.99
Machos	108	0.08	92.78	0.99
Estado reproductivo				
Desarrollo	89	0.1	91.88	0.99
Capaces de desove	60	0.08	84.00	0.99
Post desove	86	0.09	91.18	0.99
Temporada				
Temporada fría	120	0.1	94.80	0.99
Temporada cálida	115	0.06	90.67	0.99

Ns: número de estómagos analizados; *a*: pendiente; RF: fauna registrada; *R*²: coeficiente de determinación.

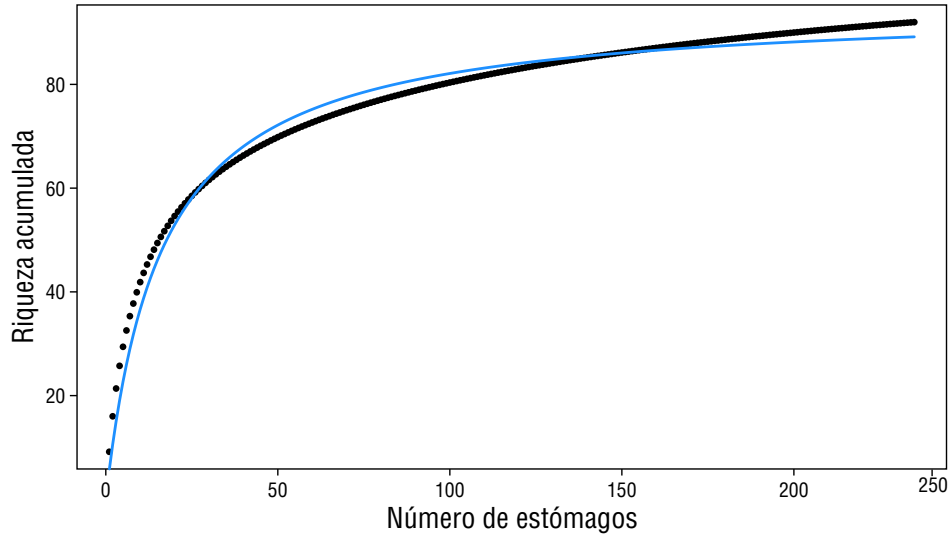


Figura 3. Curvas acumulativas utilizadas para caracterizar los hábitos alimenticios generales de *Calamus brachysomus*. Los puntos negros son la riqueza de especies y la línea azul es el modelo de Clench.

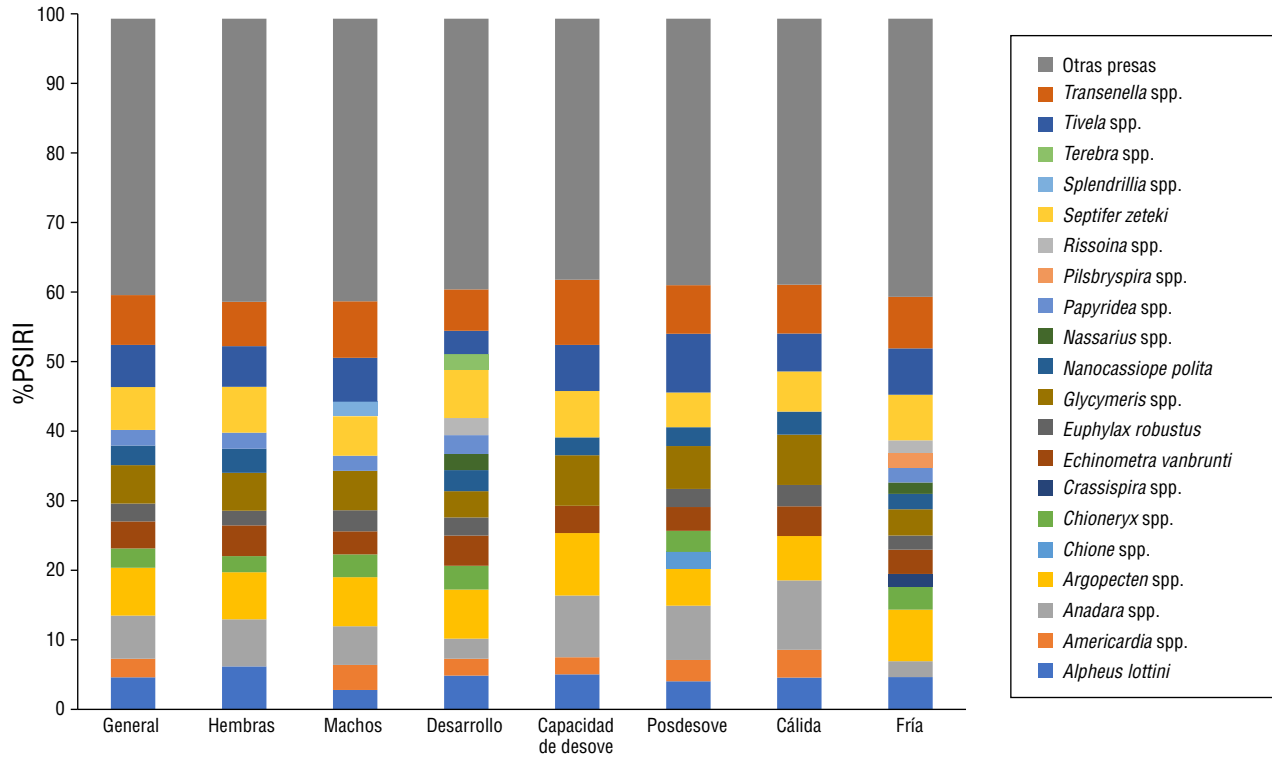


Figura 4. Porcentajes del índice de importancia relativa de presas específicas (%PSIRI, por sus siglas en inglés) para las principales presas de *Calamus brachysomus* en general y por categoría: sexo (macho o hembra), temporada (cálida o fría) y etapa de desarrollo (desarrollo, capacidad de desove y post desove) en el centro del Golfo de California, México.

Tabla 2. Presas de *Calamus brachysomus* en Santa Rosalía, México. Los valores de cada ítem presa por número (N), peso (P) y frecuencia de ocurrencia (FO) se expresan como números absolutos y porcentajes. Los resultados de estos índices se integraron en el valor del índice de importancia relativa de presas específicas (%PSIRI, por sus siglas en inglés).

Especie		FO	N	P	%FO	%N	%P	%PSIRI	
Molusca									
Bivalva	Lucinidae	21	27	1.04	8.94	0.73	0.68	1.02	
	Arcidae	<i>Anadara</i> spp.	77	194	22.13	32.77	5.28	14.54	6.25
		<i>Arca</i> spp.	36	42	1.27	15.32	1.14	0.84	1.34
		<i>Barbatia</i> spp.	8	9	0.94	3.4	0.24	0.62	0.66
		<i>Americardia</i> spp.	42	66	6.57	17.87	1.8	4.32	2.91
		<i>Papyridea</i> spp.	55	89	1.88	23.4	2.42	1.24	2.28
	Corbulidae	<i>Corbula</i> spp.	30	37	1.31	12.77	1.01	0.86	1.40
	Glycymerididae	<i>Tucetona</i> spp.	13	27	1.72	5.53	0.73	1.13	0.97
	Hiatellidae	<i>Glycymeris</i> spp.	62	231	15.93	26.38	6.28	10.46	5.59
	Mytilidae	<i>Septifer zeteki</i>	111	269	4.66	47.23	7.32	3.06	6.19
	Pectinidae		2	2	0.09	0.85	0.05	0.06	0.06
		<i>Argopecten</i> spp.	105	232	8.18	44.68	6.31	5.37	6.94
	Pteriidae	<i>Pteria sterna</i>	16	32	0.56	6.81	0.87	0.37	0.73
	Veneridae	<i>Transennella</i> spp.	109	226	7.04	46.38	6.15	4.63	7.24
		<i>Tivela</i> spp.	76	252	16.11	32.34	6.85	10.58	6.1
		<i>Chioneryx</i> spp.	71	129	1.7	30.21	3.51	1.12	2.78
		<i>Chione</i> spp.	24	28	1.42	10.21	0.76	0.93	1.51
		<i>Leukoma</i> spp.	20	37	0.57	8.51	1.01	0.37	1.16
	Gastropoda	Patellogastropoda	8	8	2.36	3.4	0.22	1.55	0.91
Architectonicidae		<i>Heliacus</i> spp.	20	21	0.16	8.51	0.57	0.11	0.37
Buccinidae			3	3	0.02	1.28	0.08	0.01	0.08
Bullidae		<i>Bulla</i> spp.	37	54	0.45	15.74	1.47	0.3	0.99
Calyptraeidae		<i>Crepidula</i> spp.	26	28	0.71	11.06	0.76	0.47	0.84
Cerithiopsidae		<i>Seila</i> spp.	16	22	0.09	6.81	0.6	0.06	0.05
Columbellidae		<i>Mitrella millepunctata</i>	20	42	0.39	8.51	1.14	0.26	0.91
Drilliidae		<i>Splendrillia</i> spp.	27	144	0.45	11.49	3.92	0.3	1.68
Eratoidea		<i>Hespererato</i> spp.	11	11	0.08	4.68	0.3	0.05	0.18
Eulimidae		<i>Eulima</i> spp.	1	1	0	0.43	0.03	0	0.03
Fascioliariidae			2	2	0.04	0.85	0.05	0.03	0.08
		<i>Latirus</i> spp.	21	28	0.18	8.94	0.76	0.11	0.46

(continúa en la siguiente página)

Tabla 2 (continuación)

Especie	FO	N	P	%FO	%N	%P	%PSIRI	
Ficidae	7	10	0.02	2.98	0.27	0.01	0.11	
Fissurellidae	<i>Fissurella</i> spp.	15	20	0.61	6.38	0.54	0.44	
Mangeliidae	<i>Steironepion</i> spp.	23	31	0.15	9.79	0.84	0.1	
	<i>Agathotoma</i> spp.	4	4	0.01	1.7	0.11	0.08	
Marginellidae	<i>Volvarina taeniolata</i>	27	40	0.17	11.49	1.09	0.11	
	<i>Volvarina</i> spp.	28	37	0.14	11.91	1.01	0.09	
Mitromorphidae	<i>Mitromorpha</i> spp.	3	12	0.52	1.28	0.33	0.34	
Nassariidae	<i>Nassarius</i> spp.	45	83	2.18	19.15	2.26	1.43	
Naticidae	<i>Polinices uber</i>	33	36	0.43	14.04	0.98	0.28	
Pisaniidae	<i>Engina jugosa</i>	11	25	0.36	4.68	0.68	0.24	
Olivellidae		8	9	0.21	3.4	0.24	0.14	
Planaxidae		8	11	0.07	3.4	0.3	0.05	
	<i>Planaxis</i> spp.	1	1	0	0.43	0.03	0	
Potamididae	<i>Cerithidea</i> spp.	1	1	0	0.43	0.03	0	
Rissoinidae	<i>Rissoina</i> spp.	43	90	1.09	18.3	2.45	0.72	
Pseudomelatomidae	<i>Crassispira</i> spp.	31	72	0.66	13.19	1.96	0.43	
	<i>Pilsbryspira</i> spp.	37	69	0.57	15.74	1.88	0.38	
Tegulidae	<i>Tegula</i> spp.	54	87	1.6	22.98	2.37	1.05	
Siphonariidae		9	11	0.34	3.83	0.3	0.23	
	<i>Williamia</i> spp.	1	2	0.02	0.43	0.05	0.01	
Terebridae	<i>Terebra</i> spp.	40	78	0.8	17.02	2.12	0.53	
Tornatinidae		2	3	0.01	0.85	0.08	0	
Triphoridae	<i>Triphora</i> spp.	35	63	0.19	14.89	1.71	0.12	
Trochidae	<i>Turbo</i> spp.	1	9	1.37	0.43	0.24	0.65	
Turridae		13	15	0.07	5.53	0.41	0.04	
Velutinidae	<i>Lamellaria inflata</i>	1	1	0.14	0.43	0.03	0.09	
Polyplacophora	Chitonidae	19	34	0.61	8.09	0.92	0.4	
Scaphopoda		3	3	0.01	1.28	0.08	0	
Porifera		2	2	0.34	0.85	0.05	0.22	
Echinodermata		1	1	0.01	0.43	0.03	0.01	
Asteroidea	Astropectinidae	<i>Astropecten armatus</i>	3	3	1.85	1.28	0.08	1.22
	Ophidiasteridae	<i>Phataria unifascialis</i>	5	5	0.33	2.13	0.14	0.22

(continúa en la siguiente página)

Tabla 2 (continuación)

Especie			FO	N	P	%FO	%N	%P	%PSIRI
	Ctenodiscidae	<i>Ctenodiscus crispatus</i>	6	7	0.1	2.55	0.19	0.06	0.13
Echinoidea	Echinometridae	<i>Echinometra vanbrunti</i>	106	113	5.15	45.11	3.07	3.39	3.93
	Cidaridae	<i>Eucidaris thouarsii</i>	6	6	0.94	2.55	0.16	0.62	0.62
	Toxopneustidae	<i>Toxopneustes roseus</i>	5	5	0.07	2.13	0.14	0.05	0.19
Holothuroidea			3	9	4.03	1.28	0.24	2.65	0.45
Ophiuroidea			11	11	1.07	4.68	0.3	0.7	0.37
	Ophiocomidae	<i>Ophiocoma</i> spp.	16	16	5.09	6.81	0.44	3.34	0.85
	Ophiodermatidae	<i>Ophioderma panamense</i>	3	3	0.46	1.28	0.08	0.3	0.26
	Ophiotrichidae	<i>Ophiothela mirabilis</i>	5	6	0.04	2.13	0.16	0.03	0.16
	Amphiuridae	<i>Amphiodia</i> spp.	1	1	0.07	0.43	0.03	0.05	0.09
	Asteronychidae	<i>Asteronyx</i> spp.	1	1	0	0.43	0.03	0	0.03
Annelida			5	6	1.21	2.13	0.16	0.79	0.27
Arthropoda									
Malacostraca	Alpheidae	<i>Alpheus lottini</i>	86	119	4.82	36.6	3.24	3.17	4.65
	Xanthidae	<i>Nanocassiope polita</i>	54	58	2.94	22.98	1.58	1.93	2.81
	Portunidae	<i>Euphylax robustus</i>	35	49	6.14	14.89	1.33	4.03	2.56
	Panopeidae	<i>Eurypanopeus</i> spp.	22	29	1.68	9.36	0.79	1.11	1.23
	Mithracidae	<i>Mithrax</i> spp.	9	13	0.7	3.83	0.35	0.46	0.55
	Calappidae		2	3	0.8	0.85	0.08	0.52	0.22
	Varunidae	<i>Hemigrapsus oregonensis</i>	4	5	1.02	1.7	0.14	0.67	0.30
	Pinnotheridae		2	3	0.05	0.85	0.08	0.03	0.08
	Cancridae		2	2	0.14	0.85	0.05	0.09	0.11
	Parthenopidae		1	1	0	0.43	0.03	0	0.03
		<i>Leiolambrus</i> spp.	1	1	0.01	0.43	0.03	0	0.04
Isopoda			2	2	0.01	0.85	0.05	0.01	0.07
Stomatopoda			1	1	0.06	0.43	0.03	0.04	0.07
Cordata									
Ascidiacea			6	10	0.92	2.55	0.27	0.6	0.63
Actinopterygii			2	2	0.89	0.85	0.05	0.58	0.14
Alga no identificada			30	0	0.85	12.77	0	0.56	0.92

El espectro trófico de los machos comprendió 83 presas. Según el %PSIRI, las presas más importantes fueron los bivalvos *Transennella* spp. (8.2%), *Argopecten* spp. (7.09%), *Tivela* spp. (6.36%), *Glycymeris* spp. (5.71%) y *S. zeteki* (5.7%). El espectro trófico de las hembras comprendió 80 presas. Según el %PSIRI, las presas más importantes fueron los bivalvos *Argopecten* spp. y *Anadara* spp. (6.82%), *S. zeteki* (6.61%) y *Transennella* spp. (6.43%) y el crustáceo *Alpheus lotinni* (6.22%) (Fig. 4). El análisis PERMANOVA no resultó en diferencias significativas entre machos y hembras ($F_{(1)} = 1.47, P > 0.09$) (Tabla 3).

Por etapa reproductiva

El análisis del espectro trófico por etapa reproductiva incluyó 74 ejemplares en la etapa de desarrollo, 73 en la etapa con capacidad de desove y 76 en la etapa de post desove. Según el %PSIRI, las presas más importantes en el contenido estomacal de los especímenes en etapa de desarrollo fueron los bivalvos *Tivela* spp. (8.51%), *Anadara* spp. (7.85%), *Transennella* spp. (7.02%), *Glycymeris* spp. (6.22%) y *Argopecten* spp. (5.33%). Según el %PSIRI, las presas más importantes en el contenido estomacal de los especímenes en la etapa con capacidad de desove fueron los bivalvos *Transennella* spp. (9.43%), *Argopecten* spp. (9.04%), *Anadara* spp. (8.93%) y *Glycymeris* spp. (7.33%). Según el %PSIRI, las presas más importantes en el contenido estomacal de los especímenes en la etapa de post desove fueron los bivalvos *Tivela* spp. (8.51%), *Anadara* spp. (7.85%), *Transennella* spp. (7.02%) y *Glycymeris* spp. (6.22%) (Fig. 4). No hubo diferencias significativas en el contenido estomacal de los especímenes en diferentes etapas reproductivas ($F_{(1)} = 1.42, P > 0.06$) (Tabla 3).

Table 3. Resultados del análisis multivariado permutacional de varianza (PERMANOVA) de los datos de abundancia de las presas en la dieta de *Calamus brachysomus* por sexo, temporada, etapa reproductiva e interacciones.

Categoría	g.l.	F	P
Sexo	1	1.47	0.095
Temporada	1	5.25	0.001*
Fase reproductiva	2	1.42	0.06
Sexo: temporada	1	1.73	0.06
Sexo: fase reproductiva	2	1.7	0.09
Temporada: fase reproductiva	2	1.34	0.08

* Indica diferencias significativas, g.l. = grados de libertad, F = PERMANOVA, P = valor de probabilidad

Por temporada

El análisis del espectro trófico por temporada incluyó 15 ejemplares muestreados durante la temporada cálida y 120 ejemplares muestreados durante la temporada fría. El contenido estomacal de los especímenes recolectados en la temporada cálida presentó 80 presas. Según el %PSIRI, las presas más importantes fueron los bivalvos *Anadara* spp. (10.05%), *Glycymeris* spp. (7.28%), *Transennella* spp. (7.04%) y *Argopecten* spp. (6.43%). El contenido estomacal de los especímenes recolectados en la temporada fría también presentó 80 presas. Según el %PSIRI, las presas más importantes fueron los bivalvos *Argopecten* spp. (7.48%), *Transennella* spp. (7.45%), *Tivela* spp. (6.73%) y *S. zeteki* (6.59%) (Fig. 4). El PERMANOVA indicó diferencias significativas en la dieta entre la temporada cálida y la fría ($F_{(1)} = 5.2, P < 0.001$). No hubo diferencias significativas en la dieta en las interacciones entre el sexo y la temporada ($F_{(1,1)} = 1.73, P > 0.06$) o entre el sexo y la etapa reproductiva ($F_{(1,2)} = 1.7, P > 0.09$) (Tabla 3).

Análisis trófico

Según el índice de Levin, la estrategia de alimentación de la Mojarra Mueluda reveló que esta especie es un depredador con un nicho trófico estrecho ($B_i = 0.31$). Esta estrategia de alimentación no se alteró al considerar las categorías de sexo (hembras: $B_i = 0.33$; machos: $B_i = 0.34$), etapa reproductiva (etapa de desarrollo: $B_i = 0.37$; etapa con capacidad para desovar: $B_i = 0.26$; etapa post desove: $B_i = 0.37$) y temporada (temporada fría: $B_i = 0.36$; temporada cálida: $B_i = 0.29$). Los gráficos de Costello indicaron que *C. brachysomus* consumió principalmente presas bentónicas; las presas más importantes fueron los bivalvos *Argopecten* spp., *S. zeteki*, *Transennella* spp. y *Anadara* spp. Estas presas eran relativamente abundantes y se consumieron con frecuencia, pero su importancia en la dieta de *C. brachysomus* varió según las categorías analizadas (Fig. 5).

Tomando en cuenta todos los datos, el nivel trófico de *C. brachysomus* fue de 3.18. El nivel trófico también se calculó por sexo (3.16 para machos y hembras), etapa reproductiva (3.17 para ejemplares en etapa de desarrollo, 3.18 para ejemplares en la etapa con capacidad para desovar y 3.14 para ejemplares en la etapa de post desove) y temporada (3.15 durante la temporada fría y 3.26 durante la temporada cálida).

DISCUSIÓN

Hábitos alimentarios

Nuestros resultados confirman que *C. brachysomus* es un depredador que se alimenta principalmente de invertebrados bentónicos y ocasionalmente de peces pequeños. Esto se verificó con los restos de peces encontrados en los estómagos de 2 individuos; también se encontraron restos de algas en algunos estómagos. Estos resultados coinciden con lo encontrado por

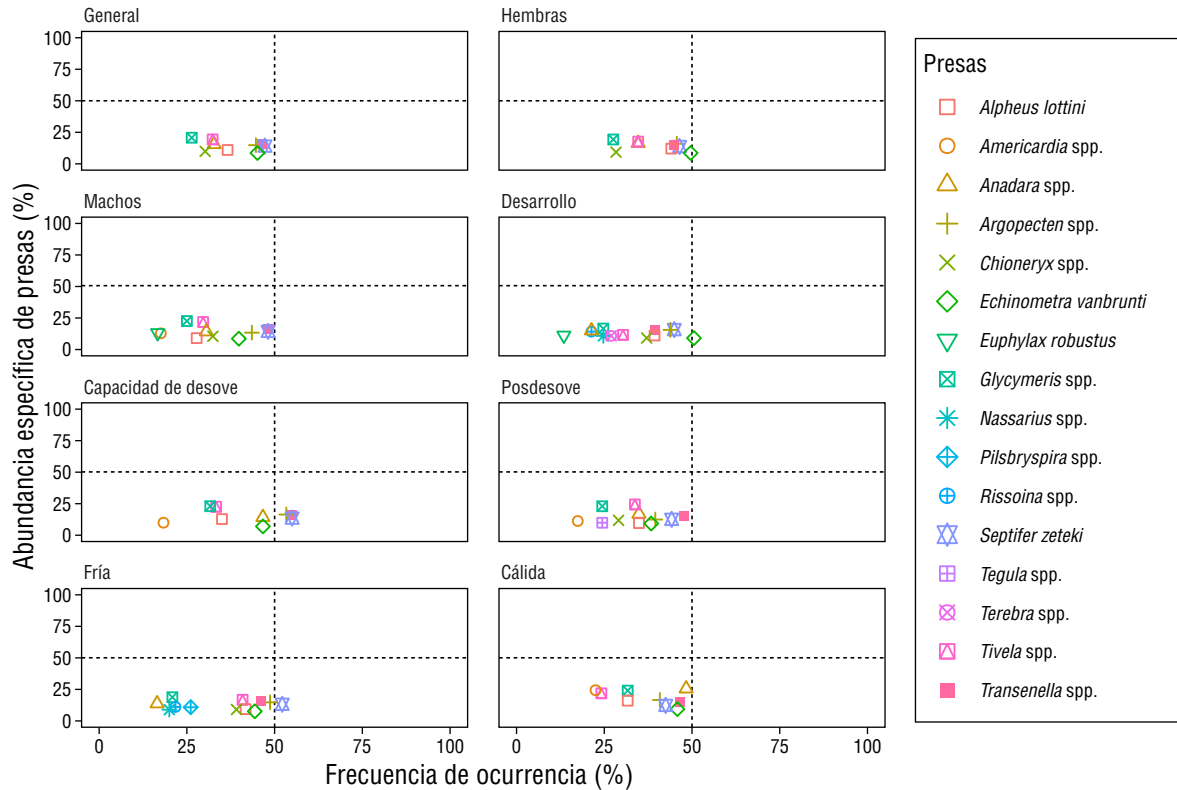


Figura 5. Estrategias de alimentación de *Calamus brachysomus* representadas con gráficas de Costello. Abundancia específica de presas (%N) y frecuencia de ocurrencia (%FO) en la dieta de *C. brachysomus* en el centro del Golfo de California, México, para todos los datos (general) (a) y por sexo (hembras [b] y machos [c]), etapa de desarrollo (en desarrollo [d], con capacidad de desove [e] y post desove [f]) y temporada (temporada fría [g] y temporada cálida [h]).

Abitia-Cárdenas et al. (1990), quienes identificaron bivalvos, crustáceos, equinodermos, algunos peces pequeños y restos de algas en el contenido estomacal de ejemplares de la Mojarra Mueluda en Bahía Concepción en el Golfo de California. Durante los 9 meses de nuestro estudio, se encontraron restos de algas en 2 a 33 individuos por mes (30 estómagos presentaron restos de algas). La mayoría de los espáridos se caracterizan por ser depredadores carnívoros, y la presencia de algas en el contenido estomacal de algunas especies se atribuye a la ingestión accidental (Randall 1968, Manooch 1977, Horvath et al. 1990). Hasta la fecha, los miembros del género *Calamus* se describen como depredadores carnívoros que exhiben dientes cónicos en la región anterior de las mandíbulas, que usan para agarrar presas, y molares anchos a los lados de las mandíbulas, que usan para moler alimentos (Randall y Caldwell 1966, Randall 1967). Por tanto, la presencia de restos de algas en el contenido estomacal de los peces en el presente estudio se puede deber a la ingesta accidental durante la captura de presas.

Las especies del género *Calamus* se alimentan principalmente de invertebrados bentónicos móviles, lo que concuerda con lo encontrado en este estudio. Reid (1954) reportó que la dieta de *Calamus arctifrons* estaba compuesta de copépodos, anfípodos, mísidos, camarones, bivalvos y gasterópodos. Dubovitsky (1977) reportó que los principales alimentos

de *Calamus proridens* eran bivalvos y pequeños cangrejos, mientras que su principal presa en el Golfo de México era el crustáceo *Penaeus durorarum*. Sedberry (1989) analizó la dieta de *Calamus leucosteus* en Carolina del Sur en Estados Unidos y reportó que la principal fuente de alimento eran los gasterópodos, aunque también consumió decápodos, poliquetos, pelecípodos, equinodermos y peces. Un estudio de *Calamus nodosus* en Carolina del Norte y Carolina del Sur en Estados Unidos reportó que esta especie es un carnívoro oportunista que se alimenta de organismos bentónicos; su espectro trófico comprendió principalmente moluscos, así como cangrejos, poliquetos, equinodermos, cirrípedos, camarones, calamares, nematodos, peces, anémonas, pepinos de mar y pulpos (Horvath et al. 1990).

El análisis histológico de las gónadas muestreadas en este estudio mostró que la Mojarra Mueluda presenta un desarrollo asincrónico de los ovocitos y desove parcial, y que puede reproducirse durante todo el año en Santa Rosalía (Veranes-Dip et al. 2022). Estas características se presentan en los peces que ajustan el reclutamiento de ovocitos a la energía exógena disponible durante el desarrollo y al desove de los gametos (McBride et al. 2015, Saborido-Rey 2016). Por lo tanto, los recursos alimentarios son uno de los factores más importantes para el éxito reproductivo (do Carmo et al. 2019).

La reproducción demanda grandes cantidades de energía, por lo que puede inducir variabilidad en el comportamiento alimentario en términos de intensidad o tipos de presas consumidas. Los depredadores pueden preferir las presas que proporcionan más energía durante la maduración y el desove (Ysla-Guzmán et al. 2021). Por tanto, los lípidos son un recurso energético importante para la reproducción de los peces (Johnson 2009). En particular, los ácidos grasos altamente insaturados (HUFA, por sus siglas en inglés) se han relacionado con el desarrollo gonadal, la fecundidad, la fertilización, la calidad de los huevos y las tasas de eclosión de las larvas (Fernández-Palacios et al. 1995, Johnson 2009).

Los componentes más importantes de la dieta de *C. brachysomus* fueron los bivalvos. Este grupo de organismos se caracteriza por ser una fuente importante de lípidos, ya que concentran los HUFA obtenidos del fitoplancton (Ricardo et al. 2015). Esta acumulación es aún mayor en las gónadas de los bivalvos durante la maduración y el desove (Giese 1966). Existen reportes de varias especies de las familias Veneridae (Baqueiro y Aldana 2000), Chionidae (Baqueiro y Aldana 2000, Castillo-Durán et al. 2013), Mytilidae (García-Domínguez et al. 2018) y Pectinidae (Baqueiro y Aldana 2000) que pueden reproducirse durante todo el año en el Golfo de California. Por lo tanto, los bivalvos podrían ser una fuente de energía que está disponible durante todo el año y que podría aportar los lípidos necesarios para la reproducción, lo que explicaría la ausencia de variaciones significativas en la dieta durante las etapas reproductivas analizadas en este estudio.

Los resultados del PERMANOVA indicaron variaciones significativas entre temporadas en las presas más importantes consumidas. Varios autores han reportado variaciones estacionales en el espectro trófico de otros espáridos (Pallaoro et al. 2003, Osman y Mahmud 2009). Estas variaciones podrían estar relacionadas con condiciones abióticas y con fluctuaciones naturales en la abundancia y disponibilidad de las especies presa (Chakroun y Kartas 1987, Bock et al. 2010). Existe una marcada estacionalidad en el Golfo de California en términos del gradiente de la TSM y en los procesos oceanográficos de mesoescala que pueden estimular cambios en la estructura de las comunidades (Avendaño-Ibarra et al. 2013, Inda-Díaz et al. 2014, Contreras-Catala et al. 2015). La cercanía de Santa Rosalía a centros de productividad, como la región de las Grandes Islas del Golfo de California (Martínez-Zavala et al. 2010), podría influir en la abundancia de especies presa. Por lo tanto, consideramos que la Mojarra Mueluda es un depredador con hábitos alimentarios inespecíficos que puede ajustar su dieta a los recursos alimentarios más abundantes y disponibles en su hábitat.

El índice de Levin estandarizado para todos los datos (generales) y los datos por categoría mostró que *C. brachysomus* puede considerarse un depredador con un nicho trófico estrecho. Los gráficos de Costello indicaron que había pocas especies de presas dominantes y su importancia variaba. Algunos espáridos, incluidas especies del género *Calamus*, trituran los alimentos con sus molares y

dientes faríngeos, lo que dificulta la identificación taxonómica. Varias de las presas obtenidas en este estudio no se pudieron identificar a nivel de especie o género debido al avanzado grado de digestión. Sin embargo, encontramos un amplio espectro trófico que comprendía 90 presas, la mayoría de las cuales presentaron baja abundancia en el contenido estomacal.

Las 5 especies de presas más importantes según el %PSIRI representaron el 38% de todos los elementos de la dieta. También hubo diferencias significativas en la dieta según la temporada. Por tanto, podemos inferir que, aunque el índice de Levin indicó que la estrategia de alimentación fue la de un depredador especialista, *C. brachysomus* podría catalogarse como un depredador oportunista que aprovecha la disponibilidad y abundancia de presas en el momento, lo cual puede ser corroborado por los resultados reportados para otras especies de espáridos (Ghanbarzadeh et al. 2014, Goldman et al. 2015, Jin et al. 2023). El nivel trófico calculado para la Mojarra Mueluda fue de 3.18. Esto la clasifica como un consumidor terciario, lo que la convierte en un vínculo importante entre los niveles tróficos inferiores y superiores. Esto coincide con lo reportado para otras especies de espáridos (Jin et al. 2023). De hecho, el nivel trófico de la Mojarra Mueluda indica que es una especie importante para la transferencia de energía, al igual que los serránidos y lutjánidos (Moreno-Sánchez et al. 2019, Quiroga-Samaniego et al. 2022).

CONCLUSIONES

Calamus brachysomus es un depredador carnívoro oportunista que consume principalmente presas bentónicas. Tiene hábitos alimentarios inespecíficos y ajusta su dieta en función de las presas más abundantes y disponibles en su hábitat. El espectro trófico de esta especie no se vio alterado por eventos reproductivos, y la energía adquirida de las presas durante cada etapa de desarrollo es suficiente para el reclutamiento y el desove sin que estos peces necesiten consumir presas más ricas en energía.

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

DECLARACIONES

Material suplementario

Este trabajo no incluye material suplementario.

Agradecimientos

Todos los autores agradecen a los pescadores de la cooperativa BRUMAR de Santa Rosalía por proporcionar las muestras de pescado y al Dr. Arturo Tripp Quezada quien confirmó la identidad de las especies de bivalvos.

Fondos

Este estudio fue financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), el Sistema Nacional de Investigadores y la Secretaría de Investigación y Posgrado-IPN a través del proyecto “Monitoreo de metales pesados: evaluación de la salud de los pargos *Lutjanus peru* y *L. guttatus* y riesgo por su consumo en la población humana del distrito minero de Santa Rosalía, BCS, México” (No. 20220717) y los proyectos 20230888 y 20240775. XGMS, ATV y LAAC agradecen el apoyo recibido del Comisión para el Funcionamiento y Promoción de Actividades Académicas e Incentivos al Desempeño de los Investigadores del IPN. MSIA agradece a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por una beca posdoctoral (443860), otorgada a través de “Estancias Posdoctorales por México 2021 (2021-2025)” (Proyecto No. 869449).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: XGMS (principal); Procesamiento de muestras: AVD (principal); Conservación de datos: AVD (apoyo), XGMS (principal) y ATV (principal); Análisis formal: XGMS (principal), MSIA (apoyo) y ATV (principal); Adquisición de financiación: XGMS (principal); Investigación: XGMS (principal), MSIA (principal) y ATV (principal); Metodología: AVD (apoyo) y XGMS (principal); Gestión de proyectos: XGMS (principal); Recursos: XGMS (principal) y MSIA (principal); *Software*: XGMS (principal), ATV (igual), AVD (apoyo); Supervisión: XGMS (principal), MSIA (principal), ATV (principal) y LAAC (apoyo); Validación: XGMS (principal); Visualización: XGMS (principal), MSIA (principal), ATV (principal); Borrador original escrito: AVD (principal) XGMS (principal), MSIA (principal), ATV (principal); Redacción-revisión y edición: AVD (apoyo) XGMS (principal), MSIA (principal), ATV (principal) y LAAC (apoyo).

Disponibilidad de datos

Se pueden obtener los datos para este estudio a través del autor de correspondencia, Xchel Gabriel Moreno Sánchez, bajo petición razonable.

Uso de herramientas de IA

Los autores no utilizaron herramientas de inteligencia artificial para este trabajo.

REFERENCIAS

Abitia-Cárdenas LA, Rodríguez-Romero J, Galván-Magaña F. 1990. Observaciones tróficas de tres especies de peces de

- importancia comercial en la Bahía Concepción Baja California Sur, México. *Inv Mar CICIMAR*. 5(1):55-61.
- Aguilar-Estrada LA, Ruiz-Boijseauneau I, Rodríguez D. 2017. Juvenile stages of limpet-like gastropod and chiton (Mollusca) species associated with intertidal macroalgae from Guerrero, Mexico = Estadios juveniles de las especies de gasterópodos pateliformes and de polioplacóforos (Mollusca) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Rev Mex Biodivers*. 88(2):280-299. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.021>
- Ainsworth CH, Kaplan IC, Levin PS, Mangel M. 2009. Composición de las dietas de peces en el Golfo Norte de California. In: Morzaria-Luna HN (ed.), *Un folleto de difusión del Integrative Marine Ecology. Ecosystem Science Program*. Northwest Fisheries Science Center. Seattle (USA): NOAA. 12 p.
- Amundsen PA, Gabler HM, Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *J Fish Biol*. 48(4):607-614. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x>
- Avendaño-Ibarra R, Godínez-Domínguez E, Aceves-Medina G, González-Rodríguez E, Trasviña A. 2013. Fish larvae response to biophysical changes in the Gulf of California, Mexico (winter-summer). *J Mar Biol*. 2013(1):1-17. <https://dx.doi.org/10.1155/2013/176760>
- Baqueiro EC, Massó, JA, Guajardo, HB. 1982. Distribución and abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur (No. 11). La Paz (BCS): Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigaciones Pesqueras, Secretaría de Pesca.
- Baqueiro ERC, Aldana DA. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. *Bull Mar Sci*. 66(1):13-27.
- Bock LR, Goforth R, Stefanavage T, Sepúlveda M. 2010. Diet of shovelnose sturgeon in the Middle Wabash River, Indiana (USA). *J Appl Ichthyol*. 27(2):309-315. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01584.x>
- Brown SC, Bizzarro JJ, Cailliet GM, Ebert DA. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environ Biol Fish*. 95(1):3-20. <https://doi.org/10.1007/s10641-011-9959-z>
- Brusca RC. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. 2nd ed. Tucson (USA): University of Arizona Press. 513 p.
- Buxton CD, Garratt PA. 1990. Alternative reproductive styles in seabreams (Pisces: Sparidae). *Environ Biol Fishes*. 28:113-124. <https://doi.org/10.1007/BF00751031>
- Castillo-Durán A, Castro-Acedo A, Arreola-Lizárraga JA, Hoyos-Chairez F, Cáceres-Martínez C, Mendoza-Salgado R, Martínez-Córdova L, Chávez-Villalba J. 2013. Gametogenic cycle and condition index of the clam *Chione fluctifraga* in Bahía San Jorge, Gulf of California, Mexico = Ciclo gametogénico e índice de condición de la almeja *Chione fluctifraga* en Bahía San Jorge, Golfo de California, México. *Rev Biol Mar Oceanogr*. 48(1):59-72. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000100006>
- Castillo-Rivera M, Zárate-Hernández R, Salgado-Ugarte IH. 2007. Hábitos de alimento de juveniles and adultos de *Archosargus probatocephalus* (Teleostei: Sparidae) en un estuario tropical de Veracruz. *Hidrobiológica*. 17(2):119-126.
- [CONAPESCA] Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2021. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2021: CONAPESCA; [accessed 2023 Dec 12]. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgpe/2021/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2021.pdf
- Contreras-Catala F, Sánchez-Velasco L, Beier E, Godínez VM. 2015. Effects of a mesoscale eddy on the distribution of mesopelagic fish larvae in the Gulf of California = Efectos de

- un remolino de mesoescala sobre la distribución de larvas de peces mesopelágicas en el Golfo de California. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 50(3):575-582.
<https://doi.org/10.4067/s0718-19572015000400014>
- Costello MJ. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J Fish Biol.* 36(2):261-263.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05601.x>
- Chakroun MN, Kartas F. 1987. Denture et regime alimentaire de especes du centre *Pagrus* (Pisces: Sparidae) de cotes Tunisiennes. *Cybium.* 11:3-19.
- Christensen V, Pauly D. 1992. ECOPATH II - a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Manila (Philippines): ICLARM.
- Chavance P, Yáñez-Arancibia A, Flores-Hernández D, Lara-Domínguez A, Amezcua-Linares F. 1986. Ecology, biology, and population dynamics of *Archosargus rhomboidalis* (Pisces: Sparidae) in a tropical coastal lagoon system, southern Gulf of Mexico. *An Inst Biol Univ Nac Autón Méx.* 13(2):11-30.
- De Mitcheson YS, Liu M. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish.* 9(1):1-43.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2007.00266.x>
- Do Carmo JPS, da Costa MR, Gerson FA. 2019. Energy acquisition and allocation to the gonadal development of *Cynoscion leiachus* (Perciformes, Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. *Mar Biol Res.* 15(2):170-180.
<https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1610777>
- Dubovitsky AA. 1977. Sex ratio and length-sex composition of the Campeche-Bank littlehead porgy (*Calamus proridens*, Jordan and Gilbert, 1884) population. In: Stewart HB (ed.), Cooperative investigations of the Caribbean and adjacent regions II. Caracas (Venezuela): FAO Fisheries. p. 115-122.
- Eschmeyer WN, Herald ES, Hamman H. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America from the Gulf of Alaska to Baja California. Peterson Field Guide Ser. 28. New York (USA): Houghton-Mifflin. 336 p.
- Fernández-Palacios H, Izquierdo MS, Robaina L, Valencia A, Salihi M, Vergara JM. 1995. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquacult.* 132(3-4):325-337.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00345-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00345-0)
- García-Domínguez FA, Carvalho-Saucedo L, Vélez-Arellano N. 2018. Reproductive cycle of two *Modiolus capax* (Bivalvia: Mytilidae) beds at different depths at Ensenada de La Paz, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiol.* 28(3):313-323.
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n3/carvalho>
- Ghanbarzadeh HM, Soofiani NM, Keivany Y, Motlagh SAT. 2014. Feeding habits of the king soldier bream, *Argyrops spinifer* (Forsskal, 1775) (Perciformes: Sparidae), in the northern Persian Gulf. *J Appl Ichthyol.* 30(3):485-489.
<https://doi.org/10.1111/jai.12397>
- Giese AC. 1966. Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol Rev.* 46(2):244-298.
<https://doi.org/10.1152/physrev.1966.46.2.244>
- Goldman SF, Glasgow DM, Falk MM. 2015. Feeding habits of 2 reef-associated fishes, red porgy (*Pagrus pagrus*) and gray triggerfish (*Balistes capricus*), off the southeastern United States. *Fish Bull.* 114:317-329.
<https://doi.org/10.7755/FB.114.3.5>
- Hendrickx ME. 1995a. Equinodermos. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH (eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental Vol. I Plantas e Invertebrados. Rome (Italy): FAO. p. 637-646.
- Hendrickx ME. 1995b. Cangrejos. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH (eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. Rome (Italy): FAO. p. 565-636.
- Hendrickx ME. 1995c. Camarones. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH (eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. Rome (Italy): FAO. p. 417-537.
- Hendrickx ME, Salgado-Barragán J, Toledano-Granados A, Cordero-Ruiz M. 2014. Los moluscos (Pelecypoda, Gastropoda, Cephalopoda, Polyplacophora y Scaphopoda) recolectados en el SE del golfo de California durante las campañas SIPCO a bordo del B/O "El Puma": Elenco faunístico. *Rev Mex Biodivers.* 85(3):682-722.
<https://doi.org/10.7550/rmb.43077>
- Hernández-Herrejón LA, Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A. 2008. Ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del golfo de México. *Rev Biol Trop.* 56(3):83-167.
- Holguín-Quiñones OE, González-Pedraza AC. 1994. Moluscos de la franja costera de Michoacán, Colima and Jalisco, México. Ciudad de México (México): Dirección de Bibliotecas and Publicaciones, Instituto Politécnico Nacional. 133 p.
- Horvath ML, Churchill BG, Huntsman GR. 1990. Growth, mortality, reproduction and feeding of knobbed porgy, *Calamus nodosus*, along the southeastern United States coast. *Bull Mar Sci.* 46(3):677-687.
- Hoşsucu B, Çakır DT. 2003. Some parameters about population biology of the Common Pandora (*Pagellus erythrinus* L., 1758) (Sparidae) in the Edremit Bay (Turkey). *J Fish Aquat Sci.* 20(3):329-336.
- Houde ED. 1975. Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream *Archosargus rhomboidalis* (L.) (Sparidae). *J Fish Biol.* 7(1):115-127.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1975.tb04581.x>
- Hurlbert SH. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology.* 59(1):67-77.
<https://doi.org/10.2307/1936632>
- Inda-Díaz EA, Sánchez-Velasco L, Lavín MF. 2014. The effects of a tidal-mixing front on the distribution of larval fish habitats in a semi-enclosed sea during winter. *J Mar Biol Ass UK.* 94(7): 1517-1530.
<https://doi.org/10.1017/S002531541400023X>
- Jin S, Kim DG, Seong GC, Kang DY, Jeong JM, Kim HJ, Baek GW. 2023. Feeding ecology of red seabream, *Pagrus major* (Sparidae) in the Korea Strait. *J Appl Ichthyol.* 63(3):534-545.
<https://doi.org/10.1134/S0032945223030050>
- Jiménez-Valverde A, Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev Iber Aracnol.* 8:151-161.
- Johnson RB. 2009. Lipid deposition in oocytes of teleost fish during secondary oocyte growth. *Rev Fish Sci.* 17(1):78-89.
<http://dx.doi.org/10.1080/10641260802590004>
- Krebs C. 1999. Ecological methodology. Menlo Park (USA): Addison Wesley Longman. 620 p.
- Luquet P, Watanabe T. 1986. Interaction "nutrition-reproduction" in fish. *Fish Physiol Biochem.* 2(1-4):121-129.
<https://doi.org/10.1007/BF02264080>
- Manooch III CS. 1977. Foods of the red porgy, *Pagrus* Linnaeus (Pisces: Sparidae), from North Carolina and South Carolina. *Bull Mar Sci.* 27:776-787.
- Martínez-Zavala MA, Nevárez-Martínez MO, Anguiano-Carrasco ML, Santos-Molina JP, Godínez-Cota AR. 2010. Captura de peces pelágicos menores en el Golfo de California, temporada de pesca 2007-2008. *Cienc Pesq.* 18(2):5-18.
- Matus-Nivón E, Ramírez-Sevilla R, Martínez-Pecero R. 1987. Descripción del huevo y primeras fases larvales de *Calamus*

- brachysomus* (Lockington) (Pisces: Sparidae). *Inv Mar CICIMAR*. 3(2):43-52.
- Matus-Nivón E, Ramírez-Sevilla R, Martínez-Pecero R, Ortiz-Galindo JL. 1989. Descripción de la larva and juvenil del Pacific porgy *Calamus brachysomus* (Lockington) (Pisces: Sparidae). *Inv Mar CICIMAR*. 4(2):141-150.
- McBride RS, Somarakis S, Fitzhugh GR, Albert A, Yaragina NA, Wuenschel MJ, Alonso-Fernández A, Basilone G. 2015. Energy acquisition and allocation to egg production in relation to fish reproductive strategies. *Fish*. 16(1):23-57. <https://doi.org/10.1111/faf.12043>
- Moreno-Sánchez XG, Pérez-Rojo P, Irigoyen-Arredondo MS, Marín-Enríquez E, Abitia-Cárdenas LA, Escobar-Sánchez O. 2019. Feeding habits of the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea* (Actinopterygii: Perciformes: Epinephelidae), in the Central Gulf of California, BCS, México. *Act Ichtiol Piscat*. 49(1):9-22.
- Morris RH, Abbott DP, Haderlie EC. 1980. *Intertidal Invertebrates of California*. Stanford (USA): Stanford University Press. 19 p.
- Mylonas CC, Fostier A, Zanuy S. 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *Gen Comp Endocrinol*. 165(3):516-534. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.03.007>
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P. 2016. *Vegan: Community Ecology Package*. v.2.4-1: R documentation. Vienna (Austria): [publisher unknown]; accessed 2019 Feb 14. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan/index.html>
- Osman AM, Mahmoud HH. 2009. Feeding biology of *Diplodus sargus* and *Diplodus vulgaris* (Teleostei, Sparidae) in Egyptian Mediterranean Waters. *World J Fish Mar. Sci*. 1:290-296.
- Pallaoro A, Santic M, Jardas I. 2003. Feeding habits of the saddled bream, *Oblada melanura* (Sparidae), in the Adriatic Sea. *Cybiu*. 27(4):261-268. <https://doi.org/10.26028/cybiu/2004-274-003>
- Pauly D, Froese R, Sa-a PS, Palomares ML, Christensen V, Rius J. 2000. *TrophLab manual*. Manila (Philippines): ICLARM.
- Pavlidis MA, Mylonas CC. 2011. Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. 1st Ed. West Sussex (UK): Blackwell Publishing Ltd. 412 p.
- Pérez-Rojo M del P, Moreno-Sánchez XG, Marín-Enríquez E, Irigoyen-Arredondo MS, Abitia-Cárdenas LA, Quiroga-Samaniego M del M. 2022. Feeding habits of the snapper *Lutjanus peru* in the central Gulf of California = Hábitos alimentarios del pargo *Lutjanus peru* en la porción central del golfo de California. *Cienc Mar*. 48(e3200):1-21. <https://doi.org/10.7773/cm.y2022.3200>
- Poutiers JM. 1995a. Bivalvos. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH. (eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, vol. I; Plantas e Invertebrados*. Rome (Italy): FAO. p. 99-222.
- Poutiers JM. 1995b. Gasterópodos. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH. (eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, vol. I; Plantas e Invertebrados*. Rome (Italy): FAO. p. 223-297.
- Quiroga-Samaniego MM, Moreno-Sánchez XG, Irigoyen-Arredondo MS, Abitia-Cárdenas LA, Elorriaga-Verplancken FR, Tripp-Valdez A, Jakes-Cota U, Pérez-Rojo MP, Páez-Rosas D. 2022. Coexistence mechanism between sympatric snapper species revealed by stomach contents analysis and stable isotope analysis in the central Gulf of California, Mexico. *Reg Stud Mar Sci*. 54:102490. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102490>
- Randall JE, Caldwell DK. 1966. A review of the sparid fish genus *Calamus*, with descriptions of four new species. *Sci Bull*. 2:1-47.
- Randall JE. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. In: Bayer FM (ed.), *Proceedings of the International Conference on Tropical Oceanography*. Miami (USA): Stud Trop Oceanogr. p. 665-847.
- Randall J. 1968. *Caribbean Reef Fishes*. Hawaii (USA): University of Hawaii. 318 p.
- Reid GK Jr. 1954. An ecological study of the Gulf of Mexico fishes, in the vicinity of Cedar Key, Florida. *Bull Mar Sci Gulf Caribb*. 4(1):1-12.
- Ricardo F, Pimentel T, Moreira ASP, Rey F, Coimbra MA, Domingues MR, Domingues P, Leal MC, Calado R. 2015. Potential use of fatty acid profiles of the adductor muscle of cockles (*Cerastoderma edule*) for traceability of collection site. *Sci Rep*. 5(1):1-8. <https://doi.org/10.1038/srep11125>
- Saborido-Rey F. 2004. *Ecología de la reproducción and potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos [dissertation]*. (España): Universidad de Vigo. 71 p.
- Saborido-Rey F. 2016. *Fish Reproduction*. In: Cochran J, Bokuniewicz H, Yager P (eds.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*. 3rd ed. Cambridge (UK): Elsevier. p. 232-245.
- Salas S, Chuenpagdee R, Charles A, Seijo JC. 2011. *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome (Italy). 444 p.
- Salgado-Barragán J, Hendrickx ME. 2010. Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental. *Rev Mex Biodivers*. 81:1-49.
- Sheaves M. 2006. Is the timing of spawning in sparid fishes a response to sea temperature regimes? *Coral Reefs*. 25:655-669. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0150-5>
- Sedberry GR. 1989. Feeding habits of whitebone porgy, *Calamus leucosteus* (Teleostei: Sparidae), associated with hard bottom reefs off the southeastern United States. *Fish Bull*. 87:935-944.
- Siddiqui JAP, Rashid FKS, Habib U, Hassan SMH, Amir SA. 2022. Feeding habits of three sparid breams, *Argyrops spinifer* Forsskål, 1775, *Sparidentex hasta* Valenciennes, 1830, and *Rhabdosargus niger* Tanaka & Iwatsuki, 2013 (family: Sparidae) in the coastal waters of Pakistan. *Mar Biodivers*. 52(27):52-57. <https://doi.org/10.1007/s12526-022-01264-6>
- Smith JLB. 1938. The South African fishes of the families Sparidae and Denticidae. *Trans R Soc S Africa*. 26(3):225-305. <https://doi.org/10.1080/00359193809519774>
- Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A, Durán-González A, Ahearn-Gust C, Torres-Vega J. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Rev Biol Trop*. 5(3):123-137.
- Thomson DA. 1987. *Reef fishes of the Sea of Cortez. The rocky-shore fishes of the Gulf of California*. Tucson (TX): University of Arizona Press, 407 p.
- Veranes-Dip A, Moreno-Sánchez XG, Abitia-Cárdenas LA, Villalajo-Fuerte MT, Irigoyen Arredondo MS. 2022. Reproductive cycle of *Calamus brachysomus* (Teleostei: Sparidae) in the Central Gulf of California, BCS, Mexico. *Lat Am J Aquat Res*. 50(1):78-87. <http://dx.doi.org/10.3856/vol50-issue1-fulltext-2763>
- Ysla-Guzmán JA, Moreno-Sánchez XG, Rosales-Velázquez MO, Carrasco-Chávez V, Ortiz-Galindo JL. 2021. Feeding habits of *Paralabrax nebulifer* (Serranidae) during reproductive and non-reproductive seasons in an adjacent area to Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. *Rev Biol Mar Oceanogr*. 56(2):89-101. <http://dx.doi.org/10.22370/rbmo.2021.56.2.3053>