

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v73i1.56289>

Riqueza taxonómica, diversidad, variación temporal y aspectos ecológicos de larvas de peces en el golfo de Tribugá, Colombia

Mariana Rondón-Ramos^{1,2*}; <https://orcid.org/0000-0002-8480-8482>

Alan Giraldo²; <https://orcid.org/0000-0001-9182-888X>

1. Maestría en Ciencias Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia; mariana.rondon@correounivalle.edu.co (*Correspondencia)
2. Grupo de Investigación en Ciencias Oceanográficas, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia; alan.giraldo@correounivalle.edu.co

Recibido 05-IX-2023. Corregido 04-XI-2024. Aceptado 15-I-2025.

ABSTRACT

Taxonomic richness, diversity, temporal variation, and ecological aspects of fish larvae in the Gulf of Tribugá, Colombia

Introduction: The larval phase is critical in the fish life cycle, yet knowledge of its taxonomic identification, abundance, and temporal variation remains limited in tropical coastal environments.

Objective: To identify fish larvae in the Gulf of Tribugá, northern Pacific Colombia, and assess their temporal variability considering regional oceanographic variations.

Methods: We studied fish larval assemblages during the cold and warm water periods of 2022. We collected larvae through daytime and oblique tows from 20 m depth to the surface using a 70 cm mouth cylindrical-conical net with 500 µm mesh.

Results: We captured a total of 602 larvae of 89 species from 29 families, with Scombridae, Engraulidae, Nomeidae, Gerreidae, and Carangidae being dominant. Key species included *Auxis rochei* (36.32 %), *Anchoa* spp. (11.77 %) and *Cubiceps pauciradiatus* (8.10 %) during the cold period, and *Eugerres lineatus* (27.04 %), *Eucinostomus gracilis* (5.43 %), and *Sphoeroides* sp.1 (4.12 %) during the warm period. Differences were found in larval assemblage structure and composition between the two periods, with a species turnover rate of 66 %.

Conclusions: This study reports the presence of 89 fish species' larval stages in the Gulf of Tribugá, with each oceanographic period presenting a distinct larval assemblage.

Key words: Colombian pacific; ichthyoplankton; composition; taxonomy; abundance.

RESUMEN

Introducción: La fase larval es un elemento crítico en el ciclo de vida de los peces. Sin embargo, el conocimiento sobre su identificación taxonómica, abundancia y variación temporal es aún escaso en los ambientes costeros tropicales.

Objetivo: Identificar las larvas de peces presentes en el golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia y evaluar su variabilidad temporal considerando las variaciones oceanográficas de la región.

Método: Se estudió el ensamblaje de las larvas de peces presentes en esta localidad, durante el periodo de agua fría y de agua cálida de 2022. Las larvas fueron obtenidas mediante arrastres diurnos y oblicuos, desde los 20 m de profundidad hasta la superficie, con una duración de 5 min, usando una red cilíndrica-cónica de 70 cm de boca, equipada con mallas de 500 µm. Se identificaron las especies presentes para cada periodo de estudio, se describió



la composición de los ensamblajes de larvas de peces, se estableció el recambio de especies entre los periodos y se evaluó la relación con variables oceanográficas locales.

Resultados: Se capturaron un total 602 larvas de peces, siendo identificadas 89 especies de 29 familias, con Scombridae, Engraulidae, Nomeidae, Gerreidae, y Carangidae como familias dominantes. *Auxis rochei* (36.32 %), *Anchoa* spp. (11.77 %) y *Cubiceps pauciradiatus* (8.10 %), fueron las especies de mayor abundancia relativa durante el periodo de aguas frías y *Eugerres lineatus* (27.04 %), *Eucinostomus gracilis* (5.43 %) y *Sphoeroides* sp.1 (4.12 %) las de mayor abundancia relativa en el periodo cálido. Se establecieron diferencias en la estructura y composición de los ensamblajes de larvas de peces entre los dos periodos de estudio, con una tasa de recambio de especies del 66 %.

Conclusión: Se reporta para el Golfo de Tribugá la presencia de estadios larvales de 89 especies de peces, presentando cada periodo oceanográfico descrito para la región un ensamblaje de larvas de peces específico.

Palabras clave: Pacífico colombiano; ictioplancton; composición; taxonomía; abundancia.

INTRODUCCIÓN

Conocer los atributos ecológicos de los ensamblajes de larvas de peces ha tomado mayor relevancia recientemente, toda vez que son una etapa crítica en la historia natural de un recurso alimentario fundamental para la humanidad (Flores-Coto et al., 2009; Hamilton et al., 2021; Llopiz et al., 2014; Schilling et al., 2020). Particularmente, el conocimiento de las fases iniciales del ciclo de vida de los peces posee implicaciones directas para la gestión, administración y control de los recursos pesqueros, adquiriendo un valor significativo en la protección y explotación sostenible de estos recursos (Harrison et al., 2012; Hsieh et al., 2016; Kough et al., 2013; Saville & Schnack, 1981), ya que puede utilizarse para evaluar el tamaño de la población (Crowder et al., 2018; Van der Lingen & Huggett, 2003), así como para identificar las zonas (Kurogi et al., 2012; Kuroki et al., 2020; Tsukamoto, 2006) y temporadas de desove (Pritt et al., 2015; Sassa & Hirota, 2013; Somarakis et al., 2019). Además, conocer la distribución de las larvas de peces en áreas y periodos de tiempo, permite comprender la movilidad espacio-temporal que presentan algunas especies, actividad que se encuentra íntimamente ligada con el hábito reproductivo y puede variar en escalas temporales que van desde mensuales, semestrales o anuales, e inclusive con el ciclo de marea o el ciclo lunar (Gallego & Giraldo, 2018; Miller & Kendall, 2009).

Diversas investigaciones han sugerido que los ensamblajes de larvas de peces son el

resultado de estrategias de desove convergentes de múltiples especies que aprovechan condiciones favorables en el entorno que permitan incrementar la probabilidad de supervivencia de las larvas (Doyle et al., 1993; Sherman et al., 1983), llegando a estar la variabilidad espacial y temporal de estas agrupaciones relacionadas con el comportamiento de las larvas (Gray & Miskiewicz, 2000), su distribución en la columna de agua (Olivar & Sabatés, 1997), la disponibilidad de presas (Olivar et al., 2010), la estrategia de desove (Moser & Smith, 1993) y el comportamiento migratorio de peces adultos (Hare et al., 2001). En estas etapas iniciales de desarrollo, las larvas de peces son muy sensibles a los cambios en las condiciones hidrológicas, debido a su poca capacidad natatoria, siendo también vulnerables a la inanición y a la depredación (China & Holzman, 2014; Downie et al., 2020), por lo tanto, los factores ambientales pueden llegar a tener una fuerte influencia en la estructura y composición de los ensamblajes de larvas de peces (de Macedo-Soares et al., 2014; Houde, 2008; Keskin & Pauly, 2019; León-Chávez et al., 2010; León-Chávez et al., 2015; Whitfield & Patrick, 2015). En este sentido, procesos oceanográficos como el transporte advectivo o los procesos de mezcla en la columna de agua (Auth, 2008; Muhling et al., 2007), así como los patrones de circulación, los frentes termales o los procesos de surgencia (Govoni & Pietrafesa, 1994; Sabatés et al., 2007), se han considerado como mecanismos que pueden llegar a promover la retención, concentración o dispersión de los individuos, aumentando o

disminuyendo la supervivencia de las larvas (Kiorboe et al., 1988) y por ende modulando la estructura de los ensamblajes y la dinámica de sus poblaciones.

En un ciclo anual han sido ampliamente descritos los cambios en la composición y abundancia de los ensamblajes de larvas de peces (Calle-Bonilla et al., 2017; Flores-Coto et al., 2000; Gallego et al., 2018; Jiménez-Rosenberg et al., 2007; Leis & McCormick, 2002; León-Chávez et al., 2015; Mavruk et al., 2018; Ribeiro et al., 2015). Aunque la magnitud de estas variaciones intra-anales dependen de la distancia al ecuador, en el Pacífico Oriental Tropical (POT), la variación intra-anual en los patrones climáticos afecta de manera drástica las condiciones oceanográficas regionales y locales (Alongi, 1990; Fernández-Álamo & Färber-Lorda, 2006; Pennington et al., 2006), lo que estaría modulando la dinámica temporal de las comunidades biológicas que allí habitan. En esta región, el desarrollo de procesos de surgencias estacionales influenciadas por el desplazamiento anual de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Amador et al., 2006), se convierte en un factor determinante en la variabilidad de las condiciones ambientales del ambiente pelágico (Fernández-Álamo & Färber-Lorda, 2006; Pennington et al., 2006). Particularmente, en el área colombiana del POT, se han descrito dos periodos oceanográficos contrastantes como consecuencia del desarrollo de procesos de surgencia costero en la Ensenada de Panamá: un periodo de aguas frías, entre enero y abril, en donde ocurre un afloramiento de aguas frías y saladas provenientes de capas subsuperficiales debido a giros ciclónicos impulsados por corrientes de viento, que conlleva a una disminución de la temperatura de la superficie, un aumento en la salinidad y nutrientes, y una mayor abundancia de plancton, y un periodo de aguas cálidas, que va de mayo a diciembre, en donde la columna de agua está más cálidas y menos productivas, y con baja salinidad superficial debido a las intensas precipitaciones en el área (Corredor-Acosta et al., 2020; Giraldo et al., 2008; Torres et al., 2023; Valencia et al., 2019).

En esta investigación se describe la estructura y composición del ensamblaje de larvas de peces del Golfo de Tribugá, el cual se localiza en la zona norte del Pacífico Colombiano, y es una región de gran importancia para el aprovisionamiento de recursos biológicos a través de actividad pesquera de subsistencia y comercial (Neira et al., 2016; Tobón-López et al., 2008). Específicamente, se evaluó la variación temporal del ensamblaje de larvas en dos periodos oceanográficos contrastantes que han sido descritos para esta zona (Valencia et al., 2013), a partir de las siguientes preguntas: (1) ¿Cuál es la identidad taxonómica de las larvas de peces presentes en el golfo de Tribugá? (2) ¿Cuál es la abundancia de las larvas presentes en cada periodo oceanográfico descrito para la región? (3) ¿Varía la abundancia de larvas de peces en el Golfo de Tribugá entre los periodos oceanográficos contrastantes de la región?, y (4) ¿Cambia la estructura de los ensamblajes de larvas de peces del Golfo de Tribugá entre los periodos oceanográficos de región? Se planteó como hipótesis que la estructura, composición y abundancia del ensamblaje de larvas en cada periodo oceanográfico es significativamente diferentes, de tal manera que la abundancia será mayor durante la temporada de influencia de las aguas de surgencia y se presentará un recambio de especies superior al 50 %.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio: El Golfo de Tribugá es una amplia escotadura en la costa norte del Pacífico colombiano que corresponde al sector más meridional de la Ecorregión Marino-Costera colombiana “Pacífico Norte” (Díaz & Acero, 2003). Abarca un área aproximada de 103 110 ha y se extiende desde Cabo Corrientes (5°53' N & 77°09' W), en el sur, hasta la desembocadura del río Valle (6°11' N & 77°09' W), en jurisdicción de los municipios de Nuquí y Bahía Solano (Zuluaga, 2010) (Fig. 1). Esta área ofrece una zona litoral y nerítica con una alta variedad de hábitats, entre los que se destacan las zonas de bosque de manglar, planos lodos,

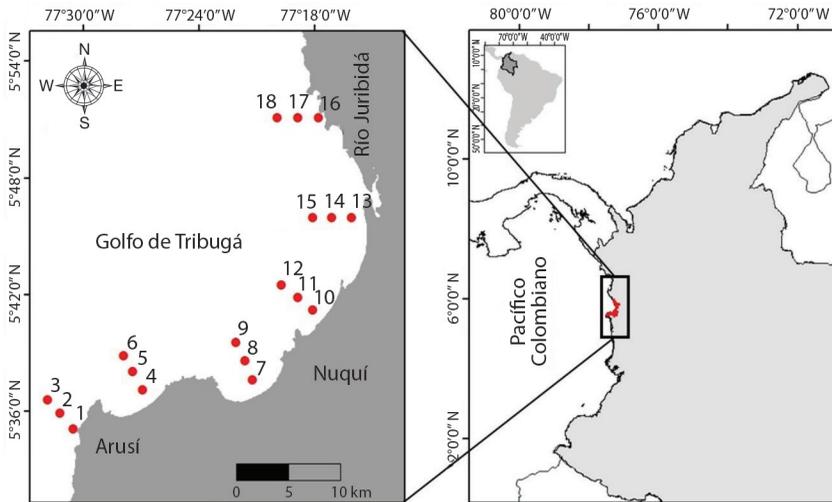


Fig. 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia. / **Fig. 1.** Geographic location of the sampling stations in the Gulf of Tribugá, northern Pacific coast of Colombia.

fondos arenosos, sustratos rocosos, acantilados y formaciones coralinas (Prahl et al., 1990).

Recolección de muestras: Para la recolección de muestras, se estableció una malla de muestreo compuesta por 18 estaciones, distribuidas sistemáticamente en el golfo. Cada línea de estaciones comenzaba aproximadamente a 1 km de la costa, con una distancia de 2 km entre cada estación (Fig. 1). En total fueron recolectadas 72 muestras de zooplancton en dos campañas oceanográficas realizadas durante el periodo de agua fría (marzo) y agua cálida (septiembre) de 2022. En cada estación, se realizaron registros verticales de temperatura y salinidad utilizando un perfilador CastAway®. Además, se tomaron muestras discretas de agua a cuatro profundidades (1, 10, 30 y 50 m) utilizando una botella Niskin en las que se registró el pH y oxígeno disuelto con una sonda multiparamétrica Hanna® HI9829 y se estableció la concentración de clorofila-a in vivo y la turbidez con un fluorómetro portátil Aqua-Flour®, previamente calibrado. La recolección de muestras de ictioplancton se realizó mediante arrastres oblicuos de 20 m a superficie durante 5 min, utilizando una red cilíndrica-cónica

de plancton de 71 cm de diámetro con malla de 500 μm , equipada con medidor de flujo Hydro-bios® para estimar el volumen de agua filtrada. Las muestras colectadas fueron conservadas en formaldehído buferizado al 4 % y transportadas al laboratorio de Ecología Animal de la Universidad del Valle.

Procesamiento de muestras e identificación taxonómica: Se separaron e identificaron las larvas de peces de cada muestra hasta el nivel taxonómico más bajo posible siguiendo la nomenclatura taxonómica establecida por Nelson (2006). Para la confirmación taxonómica se utilizó el atlas 33 de Moser (1996), el atlas de Richards (2005) y bibliografía especializada (Jiménez-Rosenberg et al., 2003; Jiménez-Rosenberg et al., 2006; Matsumoto, 1959; Miyashita et al., 2001; Ortiz-Galindo et al., 2008). Además, cuando fue necesario se realizaron comparaciones con especímenes de referencia depositados en las colecciones científicas de larvas de peces del Centro de Investigación en Ciencias del Mar (La Paz, México CICIMAR IPN) y de la Colección de Prácticas Zoológicas de la Universidad del Valle (Cali, Colombia).

Análisis de datos: Se describieron las condiciones oceanográficas registradas durante cada periodo y se utilizó una prueba no paramétrica de Mann-Whitney (MW-U) para comparar estas condiciones entre los dos periodos oceanográficos establecidos. Se calculó la abundancia relativa por familias y por especie de larvas de peces para cada uno de los periodos de estudio y se evaluaron diferencias entre periodos utilizando una prueba MW-U. Se utilizaron los índices de atributos comunitarios de Shannon y Margalef para describir la diversidad y riqueza de los ensamblajes, y se estableció el recambio de especies a partir de la composición de los ensamblajes de larvas de peces durante cada periodo oceanográfico utilizando el índice de Whittaker (B_w) como:

$$B_w = (S/a)/N$$

Donde:

S es el número total de especies.

a es el número promedio de especies

N es el número de muestras, considerando que el esfuerzo de muestro fue igual durante los dos periodos de estudio.

Para evaluar las diferencias en la estructura comunitaria de larvas de peces entre periodos, se empleó el análisis multidimensional no paramétrico (nMDS) y se determinó el aporte de las especies estimando el porcentaje de similaridad (Simper). Finalmente, se realizó un análisis de

correspondencia canónica (ACC) utilizando el software libre Rstudio v. 4.1.2 (R Core Team, 2021) para evaluar el grado de relación entre la abundancia de larvas de peces y los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en el Golfo de Tribugá.

RESULTADOS

Condiciones ambientales: El promedio de la temperatura superficial del mar de 1 a 10 m, durante el periodo cálido, fue de 28.2 °C, mientras que la salinidad promedio fue de 24.8 PSU. Para la profundidad de 10 a 30 m, la temperatura promedio se mantuvo similar a la superficial, siendo de 28.0 °C, mientras que la salinidad promedio aumentó, siendo de 29.2 PSU. Por otro lado, en el periodo frío, la temperatura promedio de 1 a 10 m fue de 26.4 °C, con una salinidad promedio de 31.6 PSU. Mientras que, de 10 a 30 m, la temperatura promedio fue de 23.3°C y la salinidad promedio fue de 33.6 PSU. La variabilidad en las variables oceanográficas permitió observar diferencias significativas entre los periodos para la temperatura superficial del mar (MW-U: 44, $p < 0.05$), la salinidad (MW-U: 324, $p < 0.05$), el oxígeno disuelto (MW-U: 311, $p < 0.05$), el pH (MW-U: 0, $p < 0.05$) y la clorofila-a (MW-U: 308, $p < 0.05$) (Tabla 1).

Abundancia larval: Se capturaron e identificaron 602 larvas de peces durante el periodo

Tabla 1

Parámetros físico-químicos registrados en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia, durante los periodos Frío y Cálido de 2022. / **Table 1.** Physicochemical parameters recorded in the Gulf of Tribugá, northern Pacific coast of Colombia, during the Cold and Warm periods of 2022.

	Frío				Cálido				W	p
	\bar{X}	D.s.	Min	Max	\bar{X}	D.s.	Min	Max		
Temperatura (°C)	27.54	0.54	27.18	29.37	28.14	0.32	27.67	28.79	44	< 0.05
Salinidad (UPS)	30.48	0.78	29.42	33.05	24.20	0.46	23.22	25.12	324	< 0.05
Oxígeno disuelto (ml/l)	4.73	0.29	3.97	5.15	3.86	0.5	2.58	4.44	311	< 0.05
pH	8.15	0.023	8.07	8.16	8.19	0.009	8.18	8.21	0	< 0.05
Clorofila-a (mg/m ³)	0.86	0.33	0.38	1.62	0.36	0.14	0.27	0.81	308	< 0.05

μ : promedio, D.s.: desviación estándar, Min: valor mínimo registrado, Max: valor máximo registrado, W: valor de Wilcoxon, p: valor de probabilidad. / μ : mean, SD: standard deviation, Min: minimum recorded value, Max: maximum recorded value, W: Wilcoxon value, p: probability value.

de estudio (199 larvas durante el periodo frío y 403 larvas durante el periodo cálido). En la mayoría de las estaciones de muestreo se capturaron larvas de peces en ambos periodos de estudio. Durante el periodo de agua fría la densidad de larvas de peces estuvo entre 12.49 larvas/1 000 m³ y 464.05 larvas/1 000 m³, mientras que durante el periodo de agua cálida la densidad de larvas de peces estuvo entre 53.49 larvas/1 000 m³ y 725.03 larvas/1 000 m³, estableciéndose diferencias significativas en la densidad de larvas peces entre los periodos de muestreo (MW-U: 74, $p < 0.05$) (Fig. 2A).

Composición taxonómica: Durante el estudio, del total de larvas recolectadas y separadas, el 2.5 % no pudieron ser identificadas debido a su deterioro. Las larvas taxonómicamente identificadas, fueron clasificadas en 29 familias y 89 especies (Tabla 2). Durante el periodo oceanográfico frío, se registraron 43 especies, mientras que en el periodo cálido se identificaron 64 especies, con 18 especies comunes entre ambos periodos. A lo largo de todo el estudio, la familia con el mayor número de especies fue Carangidae, con un total de 12 especies identificadas, seguida por Sciaenidae con 11, Gerreidae con 9 y Engraulidae con 8 especies. De las 89 especies registradas, 15 fueron identificadas solo hasta el nivel de familia, 41 hasta género y 33 hasta especie.

En el periodo frío, las familias con mayor abundancia relativa fueron: Scombridae (41.92 %), Engraulidae (16.67 %) y Nomeidae (8.08 %), mientras que en el periodo cálido destacaron Gerreidae (37.72 %), Carangidae (10.92 %) y Engraulidae (9.18 %). Respecto a las especies más abundantes, durante el periodo frío se observó una prevalencia significativa de *Auxis rochei* (36.32 %), *Anchoa* spp. (11.77 %) y *Cubiceps pauciradiatus* (8.10 %), mientras que en el periodo cálido predominaron *Eugerres lineatus* (27.04 %), *Eucinostomus gracilis* (5.43 %) y *Sphoeroides* sp.1 (4.12 %) (Tabla 2).

Según el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el periodo de aguas cálidas presentó un mayor valor medio de diversidad (1.90 bits/ind) en comparación con el periodo de aguas frías

(1.12 bits/ind), evidenciando una variación significativa en la diversidad entre los periodos de estudio (MW-U: 21.5, $p < 0.05$) (Fig. 2B). La riqueza, medida mediante el índice de Margalef, fue de 0.76 en el periodo frío y de 1.64 en el cálido, estableciéndose diferencias significativas para la riqueza entre los periodos (MW-U: 23.5, $p < 0.05$), consistente con la tendencia observada en la diversidad (Fig. 2C).

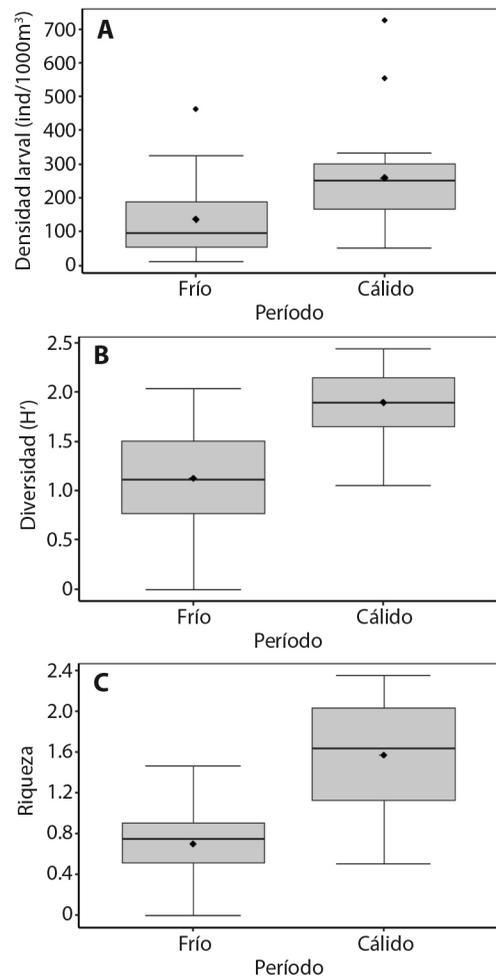


Fig. 2. Variación temporal de: **A.** Densidad de larvas de peces (larvas/1 000 m³), **B.** Diversidad (H'), y **C.** Riqueza del ictioplancton, durante los periodos Frío y Cálido del 2022, en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia. / **Fig. 2.** Temporal variation of: **A.** Fish larvae density (larvae/1 000 m³), **B.** Diversity (H'), and **C.** Ichthyoplankton richness, during the Cold and Warm periods of 2022, in the Gulf of Tribugá, northern Pacific of Colombia.

Tabla 2

 Composición taxonómica del ensamblaje de larvas de peces del Golfo de Tribugá los periodos Frío y Cálido de 2022. / **Table 2.** Taxonomic composition of the fish larvae assemblage in the Gulf of Tribugá during the Cold and Warm periods of 2022.

Familia	Especie	Densidad promedio (Larvas/1 000 ³)		AR (%)		
		Frío	Cálido	Frío	Cálido	
Nemichthyidae	<i>Nemichthys</i> sp.	0	10.51	0	0.22	
Engraulidae	<i>Anchoa</i> spp.	292.11	12.31	11.77	0.26	
	<i>Anchoa</i> sp.1	111.94	36.19	4.51	0.77	
	<i>Anchoa</i> sp.2	33.58	124.07	1.35	2.65	
	<i>Anchoa</i> sp.3	40.48	93.51	1.63	2.00	
	<i>Anchoa</i> sp.4	0	21.02	0	0.45	
	<i>Anchoa</i> sp.5	0	42.20	0	0.90	
	<i>Anchoa</i> sp.6	16.57	31.11	0.67	0.66	
	<i>Anchoa</i> sp.7	0	86.89	0	1.86	
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	12.29	0	0.50	0	
Synodontidae	<i>Synodus</i> sp.1	12.29	0	0.50	0	
Myctophidae	<i>Benthoosema panamense</i> (Tåning, 1932)	61.12	0	2.46	0	
	<i>Lampanyctus parvicauda</i> Parr, 1931	10.09	0	0.41	0	
Bythitidae	Bythitidae sp.1	0	23.16	0	0.50	
Mugilidae	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836	11.81	0	0.48	0	
	<i>Mugil</i> sp.1	0	12.49	0	0.27	
Exocoetidae	<i>Prognichthys</i> sp.	11.73	0	0.47	0	
Carangidae	Carangidae sp.	33.15	0	1.34	0	
	<i>Caranx</i> sp.1	11.74	0	0.47	0	
	<i>Caranx</i> sp.2	0	21.25	0	0.45	
	<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan & Gilbert, 1883	10.09	0	0.41	0	
	<i>Decapterus</i> sp.1	0	10.46	0	0.22	
	<i>Decapterus</i> sp.2	0	173.15	0	3.70	
	<i>Decapterus</i> sp.3	0	10.51	0	0.22	
	<i>Hemicaranx</i> sp.1	0	10.46	0	0.22	
	<i>Oligoplites saurus inornatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	33.15	134.95	1.34	2.88	
	<i>Oligoplites refulgens</i> Gilbert & Starks, 1904	0	168.53	0	3.60	
	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	11.74	0	0.47	0	
	<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	13.47	10.46	0.54	0.22	
	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i> sp.1	9.70	10.51	0.39	0.22
		<i>Lutjanus</i> sp.2	0	35.42	0	0.76
<i>Lutjanus</i> sp.3		10.22	30.62	0.41	0.65	
<i>Lutjanus</i> sp.4		20.19	108.60	0.81	2.32	
Lobotidae	<i>Lobotes pacifica</i> Gilbert, 1898	0	77.89	0	1.66	
Gerreidae	<i>Diapterus peruvianus</i> (Cuvier, 1830)	0	9.70	0	0.21	
	<i>Diapterus</i> sp.1	0	34.23	0	0.73	
	<i>Diapterus</i> sp.2	0	65.72	0	1.40	
	<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)	0	254.14	0	5.43	
	<i>Eucinostomus entomelas</i> Zahuranec, 1980	10.22	0	0.41	0	
	<i>Eugerres lineatus</i> (Humboldt, 1821)	0	1265.36	0	27.04	
	Gerreidae sp.1	0	115.34	0	2.47	
	Gerreidae sp.2	0	11.91	0	0.25	
	Gerreidae sp.3	0	21.91	0	0.47	
	Haemulidae	Haemulidae sp.1	43.93	59.09	1.77	1.26
Haemulidae sp.2		0	10.46	0	0.22	
Haemulidae sp.3		13.47	14.80	0.54	0.32	
Haemulidae sp.4		0	14.80	0	0.32	



Familia	Especie	Densidad promedio (Larvas/1 000 ³)		AR (%)	
		Frío	Cálido	Frío	Cálido
	Haemulidae sp.5	0	23.00	0	0.49
	<i>Pomadasys</i> sp.1	0	10.85	0	0.23
Sparidae	<i>Calamus brachysomus</i> (Lockington, 1880)	22.42	0	0.90	0
Sciaenidae	<i>Cynoscion</i> sp.1	0	40.05	0	0.86
	<i>Cynoscion</i> sp.2	0	44.39	0	0.95
	<i>Cynoscion</i> sp.3	0	13.28	0	0.28
	<i>Isopisthus remifer</i> Jordan & Gilbert, 1882	0	20.00	0	0.43
	<i>Larimus</i> sp.2	19.22	87.01	0.77	1.86
	<i>Macrodon mordax</i> (Gilbert & Starks, 1904)	0	12.49	0	0.27
	<i>Micropogonias altipinnis</i> (Günther, 1864)	0	35.00	0	0.75
	<i>Stellifer illecebrosus</i> Gilbert, 1898	27.07	20.00	1.09	0.43
	<i>Stellifer</i> sp.3	0	12.49	0	0.27
	Sciaenidae sp.1	0	12.49	0	0.27
	<i>Umbrina</i> sp.1	16.57	0	0.67	0
Pomacentridae	<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	0	176.33	0	3.77
	<i>Azurina atrilobata</i> (Gill, 1862)	46.53	0	1.88	0
	<i>Chromis</i> sp.	0	24.62	0	0.53
Labridae	<i>Halichoeres</i> sp.	33.15	12.31	1.34	0.26
Blenniidae	<i>Hypsoblennius</i> sp.1	0	11.58	0	0.25
	<i>Ophioblennius steindachneri</i> Jordan & Evermann, 1898	0	23.82	0	0.51
Labrisomidae	<i>Paraclinus</i> sp.1	0	11.81	0	0.25
Gobiesocidae	Gobiesocidae sp.	90.20	188.93	3.64	4.04
	<i>Gobiesox</i> sp.1	0	160.06	0	3.42
Gobiidae	<i>Bathygobius andrei</i> (Sauvage, 1880)	13.54	0	0.55	0
	<i>Bathygobius lineatus</i> (Jenyns, 1841)	23.50	0	0.95	0
	<i>Ctenogobius manglicola</i> (Jordan & Starks, 1895)	0	11.26	0	0.24
	<i>Lythrypnus</i> sp.1	13.47	0	0.54	0
Microdesmidae	<i>Microdesmus</i> sp.1	10.22	0	0.41	0
	<i>Microdesmus</i> sp.2	11.21	0	0.45	0
	<i>Microdesmus</i> sp.3	13.54	0	0.55	0
Ephippidae	<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)	18.70	0	0.75	0
Sphyraenidae	<i>Sphyraena ensis</i> Jordan & Gilbert, 1882	26.18	22.32	1.05	0.48
	<i>Sphyraena</i> sp.1	11.74	23.82	0.47	0.51
	<i>Sphyraena</i> sp.2	0	22.09	0	0.47
Scombridae	<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	901.11	0	36.32	0
	<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	0	131.93	0	2.82
	<i>Thunnus</i> sp.1	0	86.40	0	1.85
Nomeidae	<i>Cubiceps pauciradiatus</i> Günther, 1872	201.00	0	8.10	0
Paralichthyidae	<i>Etropus ectenes</i> Jordan, 1889	13.47	0	0.54	0
	<i>Etropus peruvianus</i> Hildebrand, 1946	13.47	0	0.54	0
Achiridae	<i>Achirus scutum</i> (Günther, 1862)	0	14.80	0	0.32
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides</i> sp.1	0	192.81	0	4.12

Densidad: abundancia estandarizada por el volumen de agua filtrada. AR: abundancia relativa. / Density: abundance standardized by the volume of filtered water. AR: relative abundance.

Se establecieron diferencias significativas en la estructura de los ensamblajes de larvas de peces (ANOSIM, $R = 0.6695$, $p = < 0.05$) entre los dos periodos de estudio, registrando una mayor variabilidad en la composición y estructura durante el periodo frío que durante el periodo cálido (Fig. 3). El recambio de especies (B_W) entre los dos periodos de estudio fue del 66.33 %, siendo *Eugerres lineatus*, *Auxis rochei* y *Cubiceps pauciradiatus* las especies que más contribuyeron en esta diferenciación temporal (Tabla 3).

Los dos primeros ejes de ordenación del análisis de correspondencia canónica (ACC) explicaron el 28.75 % de la varianza total del ensamblaje de larvas de peces en el Golfo de

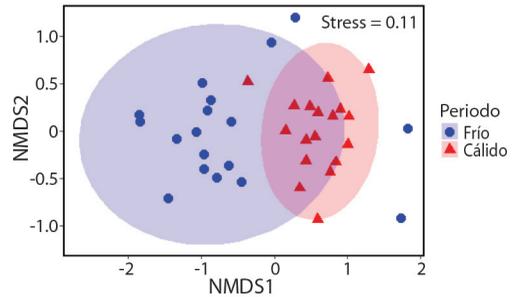


Fig. 3. Diagrama de Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la estructura comunitaria de larvas de peces, durante los periodos Frío y Cálido de 2022, en el Golfo de Tribugá. / **Fig. 3.** Multidimensional Scaling (MDS) diagram of the fish larvae community structure during the Cold and Warm periods of 2022 in the Gulf of Tribugá.

Tabla 3

Resumen del análisis Simper de las especies de ictioplancton presentes en el Golfo de Tribugá. / **Table 3.** Summary of the Simper analysis of ichthyoplankton species present in the Gulf of Tribugá.

Especies	Frío	Cálido	Promedio de contribución (%)	Contribución Acumulada (%)
	Densidad promedio	Densidad promedio		
<i>Eugerres lineatus</i>	0	70.30	10.95	10.95
<i>Auxis rochei</i>	50.06	0	7.78	18.74
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	11.17	0	3.63	22.36
<i>Oligoplites refulgens</i>	0	9.36	3.43	25.79
<i>Euclinostomus gracilis</i>	0	14.12	3.37	29.16
<i>Decapterus</i> sp.2	0	9.62	2.82	31.99
<i>Oligoplites saurus inornatus</i>	1.84	7.50	2.54	34.53
<i>Anchoa</i> sp.2	1.87	6.89	2.52	37.06
<i>Sphoeroides</i> sp.1	0	10.71	2.52	39.57
<i>Larimus</i> sp.2	1.07	4.83	2.47	42.04
<i>Auxis thazard</i>	0	7.33	2.40	44.44
<i>Anchoa</i> sp.1	6.22	2.01	2.40	46.84
<i>Abudefduf troschelii</i>	0	9.80	2.27	49.11
Gerreidae sp.1	0	6.41	2.23	51.34
<i>Gobiesox</i> sp.1	0	8.89	2.06	53.40
<i>Anchoa</i> spp.	16.23	0.68	1.99	55.39
Gobiesocidae sp.1	5.01	10.50	1.84	57.23
Haemulidae sp.1	2.44	3.28	1.81	59.04
<i>Thunnus</i> sp.1	0	4.80	1.77	60.81
<i>Lutjanus</i> sp.4	1.12	6.03	1.74	62.55
<i>Anchoa</i> sp.3	2.25	5.19	1.71	64.26
<i>Benthoosema panamense</i>	3.40	0	1.64	65.90
<i>Lobotes pacifica</i>	0	4.33	1.63	67.53
<i>Diapterus</i> sp.2	0	3.65	1.38	68.90
<i>Anchoa</i> sp.7	0	4.83	1.28	70.19

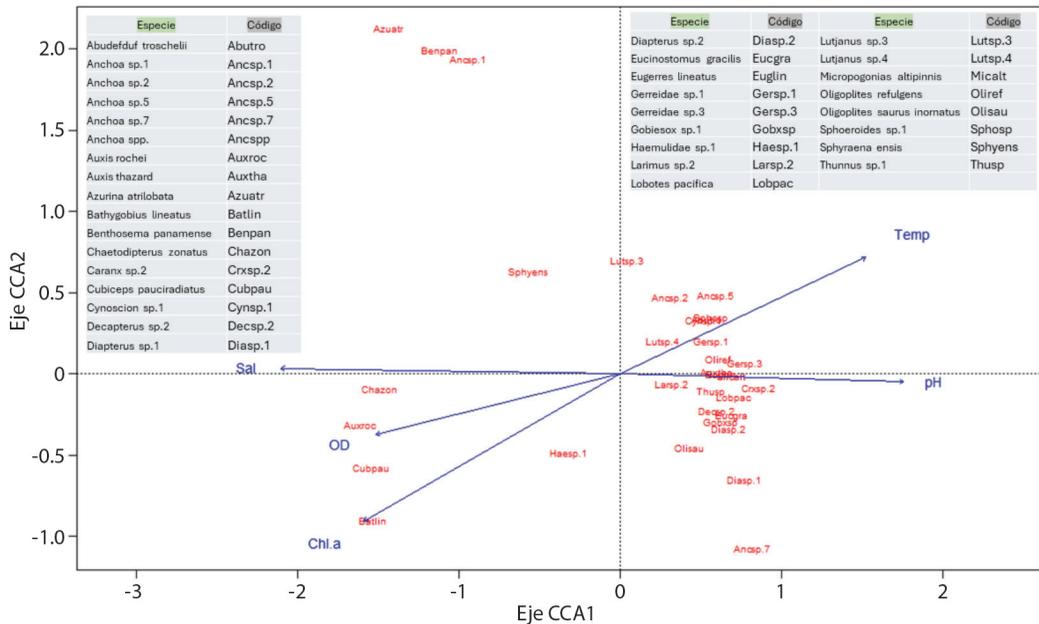


Fig. 4. Análisis de correspondencia canónica utilizando la abundancia de las especies encontradas, durante los periodos Frío y Cálido de 2022, en el Golfo de Tribugá. / **Fig. 4.** Canonical Correspondence Analysis using the abundance of species found during the Cold and Warm periods of 2022 in the Gulf of Tribugá.

Tribugá. Se realizó una prueba de permutación para evaluar la significancia global del modelo de CCA, y los resultados mostraron que el modelo global es altamente significativo ($p < 0.0001$). Al evaluar la contribución individual de cada variable ambiental al modelo de CCA se encontró que las variables temperatura (Temp) y salinidad (Sal) fueron significativas ($p < 0.0001$), mientras que Chl-a mostró una tendencia a la significancia ($p = 0.05$), lo que indica que la variabilidad en la composición de especies está influenciada por variaciones en la temperatura y salinidad, y que podría haber una influencia de la clorofila-a en la estructura comunitaria evaluada (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Las variaciones temporales en las condiciones ambientales presentaron características típicas de aguas del Pacífico Oriental Tropical (POT), con aguas superficiales cálidas (> 25 °C) y de baja salinidad (< 31 PSU). Además, debido a que el Pacífico colombiano se

encuentra dentro de la Ensenada de Panamá, las salinidades en esta región son aún más bajas ocasionadas por el exceso de precipitación (Fiedler & Lavín, 2017; Fiedler & Talley, 2006), condición que fue particularmente evidente en el área de estudio durante el periodo de aguas cálidas, donde las salinidades superficiales y la transparencia de la columna de agua fueron más bajas debido a la descarga de los ríos Jurubidá, Baudó, Docampadó, Catripe, Pilizá y Purricha, cobrando este dato vital importancia, puesto que la salinidad del agua también es un factor ambiental significativo que puede afectar la distribución y fisiología del ictioplancton (Houde, 2008).

Se registró una variabilidad estacional en la temperatura del agua en el golfo de Tribugá, similar a la reportada en otras localidades del Pacífico colombiano (Giraldo, 2008; Giraldo et al., 2008; Jerez-Guerrero et al., 2017; Valencia et al., 2019), condición que puede llegar a tener importantes implicaciones para la reproducción, el crecimiento y la supervivencia de las larvas de peces, ya que la temperatura influye

en la tasa de desarrollo de los huevos y larvas, así como en la disponibilidad de alimento (Houde, 2008). Además, los resultados obtenidos también sugieren que la productividad de la columna de agua en el Golfo de Tribugá parece estar más influenciada por los procesos de surgencia estacional que afectan a la Ensenada de Panamá durante la estación seca (enero-marzo). En este sitio, la Chl-a fue más alta en el periodo frío, debido al afloramiento estacional provocado por la formación de la surgencia de Panamá, similar a lo reportado por D'Croz y O'Dea (2007) para las aguas de la plataforma en el Golfo de Panamá y por Valencia et al. (2019) para la Ensenada de Utría, localizada en el límite norte del Golfo de Tribugá.

En términos generales, la abundancia y composición de especies de larvas de peces en el golfo de Tribugá exhibió una variación estacional asociada con la variabilidad oceanográfica registrada en la zona de estudio, con un recambio temporal de especies del 66 %. Esta tendencia de variación estacional del ictioplancton es similar a la reportada para otros ambientes marino-costeros tropicales, donde la composición de los ensamblajes de larvas de peces responde de manera muy estrecha a la variabilidad de las condiciones ambientales locales, con taxones y grupos distintos que muestran máximos de abundancia interanuales (Aceves-Medina et al., 2003; Aceves-Medina et al., 2008; de Macedo-Soares et al., 2014; Franco-Gordo et al., 2002; Funes et al., 2002; Giraldo, 2020; Houde, 2008; Keskin & Pauly, 2019; León-Chávez et al., 2010; León-Chávez et al., 2015; Valencia et al., 2024; Whitfield & Patrick, 2005).

Es relevante destacar que la mayor diversidad taxonómica y abundancia de larvas de peces se registró durante el periodo de aguas cálidas en el golfo de Tribugá. Esto podría estar relacionado con que las características oceanográficas durante este periodo fueron más favorables para el desarrollo larval. Aunque se esperaba que la surgencia y el afloramiento de aguas frías incrementaran la productividad primaria, y, por ende, la disponibilidad de alimentos para las larvas, factores como la

estabilidad de la columna de agua, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes en la capa superficial pueden haber favorecido una mayor abundancia y diversidad durante el periodo cálido (Bakun, 1996; Patrick et al., 2021). En ambientes tropicales, es común observar que las aguas cálidas, aunque menos ricas en nutrientes, pueden ofrecer condiciones estables y temperaturas óptimas para el desarrollo de huevos y larvas de peces (Longhurst & Pauly, 1987; Pauly et al., 2023). Se ha documentado que un incremento en la temperatura del agua aumenta la probabilidad de supervivencia de las larvas, ya que el agua presenta una menor viscosidad, lo que mejora la locomoción de las larvas, incrementando su habilidad para escapar de depredadores y facilitando su alimentación (Miller & Kendall, 2009). Además, la combinación de temperaturas moderadas y altas crea ventanas ambientales que favorecen el crecimiento de las larvas de peces. Así, es indiscutible que la variación temporal de las condiciones ambientales modula la distribución, abundancia y, en general, la estructura de los ensamblajes de larvas en el ambiente pelágico (Aceves-Medina et al., 2003; Aceves-Medina et al., 2008; Franco-Gordo et al., 2002; Funes et al., 2002).

Otro factor relevante que podría explicar estos resultados es la fenología reproductiva de las especies. Es posible que un mayor número de especies se reproduzcan y desoven durante el periodo cálido, lo que explicaría la mayor riqueza y abundancia observadas (Sundby, 2000; Zapata-Londoño et al., 2020). Algunas especies podrían estar adaptadas a condiciones específicas de temperatura y estratificación de la columna de agua, favoreciendo su desarrollo larval en estos periodos (Longhurst & Pauly, 1987).

En cuanto al número de taxa encontrados en el Golfo de Tribugá (29 familias y 89 especies) y las familias con mayor abundancia relativa (Scombridae, Engraulidae y Nomeidae durante el periodo frío y Gerreidae, Carangidae y Engraulidae durante el periodo cálido) fueron consistentes con los resultados reportados por otros estudios de ictioplancton realizados en



diferentes localidades del Pacífico colombiano. Por ejemplo, Giraldo (2020) señaló la presencia de 43 familias y 183 especies en Cabo Manglares, destacando la importancia de familias como Engraulidae, Gerreidae, Scombridae y Carangidae. Gallego-Zerrato et al. (2023) reportaron 46 familias y 88 especies en Isla Gorgona, siendo las familias más abundantes Engraulidae, Bregmacerotidae, Haemulidae, Myctophidae y Carangidae, estando el ensamblaje dominado por especies pelágico-costeras (*Bregmaceros bathymaster*), pelágica (*Cetengraulis mysticetus*) y batipelágica (*Diaphus pacificus*). Martínez-Aguilar et al. (2010) reportaron un total de 68 especies pertenecientes a 37 familias para la zona nerítica del Pacífico colombiano, destacando por su abundancia familias como Gobiidae y Engraulidae, cada una el 5 % del total de individuos. Además, familias como Scombridae, Gerreidae y Nomeidae también mostraron importancia numérica. La dominancia en número de estas familias podría estar asociada a patrones ontogénicos de migración vertical.

El Golfo de Tribugá ha sido ampliamente reconocido como una localidad con una alta diversidad de fauna íctica (Tobón-López et al., 2008) y amplia oferta de servicios ecosistémicos (Rojas et al., 2019), entre los que se destaca el aprovisionamiento a través de la pesca (Estupiñán-Cardona et al., 1990; Gómez, 1992; Tobón, 2001; Vieira, 2003). Sin embargo, los diferentes esfuerzos de ordenamiento y manejo de recursos ícticos desarrollados en esta región adolecen de información sobre las fases larvales de las especies de peces presentes, incluidas aquellas especies que son de interés para la actividad pesquera artesanal, la cual es una de las principales actividades económicas para los pobladores de la región (Neira et al., 2016). Poder integrar la información sobre los ensamblajes de larvas de peces en una localidad con los estudios de dinámica poblacional de los estadios adultos y la caracterización de las condiciones oceanográficas propias de cada sitio de interés es requerido para comprender la dinámica espacio-temporal de la diversidad íctica en una localidad, y permitiría incluso fortalecer las acciones de manejo, conservación

y ordenamiento de uso de recursos marinos de interés para las comunidades humanas.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

A Francisco Javier Álvarez, Sebastián Ortiz, Alejandro Perlaza, Natalia Londoño, Olivia Saiz y Natasha Valencia por su valioso apoyo durante las campanas de muestreo, Juan José Gallego y Diego Fernando Córdoba apoyaron el proceso de identificación taxonómica de las larvas de peces, siendo confirmada la identidad taxonómica por el profesor Ricardo Saldierna del Centro de Investigaciones Marinas CICIMAR-IPN, sede La Paz, B,C,S, México, A Gerardo Ortiz y la tripulación de la embarcación de muestreo por su apoyo logístico para la obtención de las muestras de plancton. Esta contribución fue parcialmente financiada a través del proyecto “Investigación para la sostenibilidad de la pesca artesanal del departamento del Chocó” (Sistema General de Regalías de la República de Colombia BPIN 2018000100045 – Universidad del Valle CI 71237), el proyecto “Cambio climático y modelos predictivos de distribución de diversidad de larvas de peces marinos para el Pacífico Latinoamericano” (CICIMAR IPN – Universidad del Valle CI 71364) y el programa de postgrado en Ciencias Biología de la Universidad del Valle a través de una asistencia de docencia a favor de la primera autora.

REFERENCIAS

Aceves-Medina, G., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Saldierna,

- R. J., Lluch-Belda, D., Smith, P. E., & Watson, W. (2003). Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*, 67(1), 1–11. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n11>
- Aceves-Medina, G., Saldierna-Martínez, R. J., Hinojosa-Medina, A., Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Hernández-Rivas, M. E., & Morales-Ávila, R. (2008). Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern part of Bahía de La Paz, México. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 76(4), 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.016>
- Alongi, D. M. (1990). Abundances of benthic microfauna in relation to outwelling of mangrove detritus in a tropical coastal region. *Marine Ecology Progress Series*, 63(1), 53–63. <http://dx.doi.org/10.3354/meps063053>
- Amador, J. A., Alfaro, E. J., Lizano, O. G., & Magaña, V. O. (2006). Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2), 101–142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.007>
- Auth, T. D. (2008). Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 2004–06. *Fisheries Oceanography*, 17(4), 316–331. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2008.00481.x>
- Bakun, A. (1996). *Patterns in the Ocean: Ocean processes and marine population dynamics*. University of California Sea Grant, in Cooperation with, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).
- Calle-Bonilla, I. C., Giraldo, A. G., & Cuéllar-Chacón, A. (2017). Variación espacio temporal del ensamble de larvas de peces coralinos en isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 46(2), 55–72. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.2.728>
- China, V., & Holzman, R. (2014). Hydrodynamic starvation in first-feeding larval fishes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(22), 8083–8088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1323205111>
- Corredor-Acosta, A., Cortés-Chong, N., Acosta, A., Pizarro-Koch, M., Vargas, A., Medellín-Mora, J., Saldías, G. S., Echeverry-Guerra, V., Gutiérrez-Fuentes, J., & Betancur-Turizo, S. (2020). Spatio-temporal variability of chlorophyll-a and environmental variables in the Panama bight. *Remote Sensing*, 12(13), 2150. <https://doi.org/10.3390/rs12132150>
- Crowder, L. B., Rice, J. A., Miller, T. J., & Marschall, E. A. (2018). Empirical and theoretical approaches to size-based interactions and recruitment variability in fishes. In D. L. DeAngelis, & L. J. Gross (Eds.), *Individual-based models and approaches in ecology* (pp. 237–255). Chapman and Hall/CRC.
- D’Croz, L., & O’Dea, A. (2007). Variability in upwelling along the Pacific shelf of Panamá and implications for the distribution of nutrients and chlorophyll. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(1-2), 325–340. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.01.013>
- de Macedo-Soares, L., García, C., Freire, A., & Muelbert, J. (2014). Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil Shelf. *PLoS ONE*, 9(3), e91241. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091241>
- Díaz, J. M., & Acero, A. (2003). Marine biodiversity in Colombia: Achievements, status of knowledge and challenges. *Gayana*, 67(2), 261–274. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382003000200011>
- Downie, A. T., Illing, B., Faria, A. M., & Rummer, J. L. (2020). Swimming performance of marine fish larvae: Review of a universal trait under ecological and environmental pressure. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(4), 93–108. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11160-019-09592-w>
- Doyle, M. J., Morse, W. W., & Kendall, A. W. Jr. (1993). A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast Pacific and Atlantic oceans. *Bulletin of Marine Science*, 53(2), 588–644.
- Estupiñán-Cardona, F., von Prael, H., & Rubio, E. A. (1990). Ictiofauna de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de Ciencias Universidad del Valle*, 8, 65–75. <https://hdl.handle.net/10893/4454>
- Fernández-Álamo, M. A., & Färber-Lorda, J. (2006). Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69, 318–359. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.003>
- Fiedler, P. C., & Lavin, M. F. (2017). Oceanographic conditions of the eastern tropical Pacific. In P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), *Coral reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and loss in a dynamic environment* (pp. 59–83). Springer.
- Fiedler, P. C., & Talley, L. D. (2006). Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 143–180. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.008>
- Flores-Coto, C., Martínez-Gutiérrez, R., González-Felix, M. L., Sanvicente-Añorve, L., & Zavala-García, F. (2000). Annual variation of ichthyoplankton assemblages in neritic water of the southern Gulf of Mexico. *Caribbean Journal of Science*, 36(3-4), 233–243.
- Flores-Coto, C., Espinosa, M. L., Zavala-García, F., & Sanvicente-Añorve, L. (2009). Ictioplancton del sur del Golfo de México: Un compendio. *Hidrobiológica*, 19(1), 49–76.
- Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., & Suárez-Morales, E. (2002). Larval fish assemblages in waters off the central Pacific coast of Mexico. *Journal of*



- Plankton Research*, 24(8), 775–784. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/24.8.775>
- Funes, R., Flores, C., Esquivel, A., Fernández, M. A., & Gracia, A. (2002). Larval fish community structure along the west coast of Baja California during and after the El Niño event (1983). *Bulletin of Marine Science*, 70(1), 41–54.
- Gallego, J. J., & Giraldo, A. (2018). Variación espacial y temporal de larvas de peces en una bahía hipersalina del Caribe colombiano. *Boletín De Investigaciones Marinas y Costeras*, 47(1), 117–141. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2018.47.1.741>
- Gallego, J. J., Cuellar, A., & Giraldo, A. (2018). Lista de especies de peces en estadio larval en Bahía Portete (alta Guajira), Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 19(1), 123–132.
- Gallego-Zerrato, J. J., Córdoba-Rojas, D. F., & Giraldo, A. (2023). Composición taxonómica de las larvas de peces en el arrecife coralino de La Azufrada, Pacífico colombiano, entre 2017 a 2019. *Boletín Científico, Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 27(2), 245–261. <http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2023.27.2.13>
- Giraldo, A. (2008). Variabilidad espacial de temperatura, salinidad y transparencia en el ambiente pelágico del PNN Gorgona durante septiembre 2007 y marzo 2008. *Boletín Científico CIOH*, (26), 157–163. <http://dx.doi.org/10.26640/22159045.192>
- Giraldo, A. (2020). Ictioplancton de Cabo Manglares (distrito nacional de manejo integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera), Nariño, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 24(1), 135–149. <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.1.9>
- Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E., & Zapata, F. (2008). Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico Oriental Tropical de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(1), 121–128. <https://doi.org/10.3856/vol36-issue1-fulltext-12>
- Gómez, F. (1992). *Diversidad, abundancia y estado actual de las comunidades ícticas asociadas a cuatro zonas de coral hermatípico en el PNN Utría, Chocó, Pacífico colombiano* [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Govoni, J. J., & Pietrafesa, L. J. (1994). Eulerian views of layered water currents, vertical distribution of some larval fishes, and inferred advective transport over the continental shelf off North Carolina, USA, in winter. *Fisheries Oceanography*, 3(2), 120–132. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.1994.tb00054.x>
- Gray, C. A., & Miskiewicz, A. G. (2000). Larval fish assemblages in south-east Australian coastal waters: seasonal and spatial structure. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 50(4), 549–570. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0595>
- Hamilton, R. J., Lozano-Cortés, D., Bode, M., Almany, G. R., Harrison, H. B., Pita, J., Saenz-Agudelo, P., Gereñiu, C., Waldie, P. A., Peterson, N., Choat, J. H., & Berumen, M. L. (2021). Larval dispersal and fishing pressure influence recruitment in a coral reef fishery. *Journal of Applied Ecology*, 58(12), 2924–2935. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14027>
- Hare, J. A., Fahay, M. P., & Cowen, R. K. (2001). Springtime ichthyoplankton of the slope region off the north-eastern United States of America: larval assemblages, relation to hydrography and implications for larval transport. *Fisheries Oceanography*, 10(2), 164–192. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00168.x>
- Harrison, H. B., Williamson, D. H., Evans, R. D., Almany, G. R., Thorrold, S. R., Russ, G. R., Feldheim, K. A., van Herwerden, L., Planes, S., Srinivasan, M., Berumen, M. L., & Jones, G. P. (2012). Larval export from marine reserves and the recruitment benefit for fish and fisheries. *Current Biology*, 22(11), 1023–1028. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.04.008>
- Houde, E. D. (2008). Emerging from Hjort's shadow. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 41, 53–70. <http://dx.doi.org/10.2960/J.v41.m634>
- Hsieh, H. Y., Lo, W. T., Chen, H. H., & Meng, P. J. (2016). Larval fish assemblages and hydrographic characteristics in the coastal waters of southwestern Taiwan during non-and post-typhoon summers. *Zoological Studies*, 55, 18. <https://doi.org/10.6620/ZS.2016.55-18>
- Jerez-Guerrero, M., Criales-Hernández, M. I., & Giraldo, A. (2017). Copépodos epipelágicos en Bahía Cupica, Pacífico colombiano: Composición de especies, distribución y variación temporal. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1046–1061. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29449>
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., Aceves-Medina, G., Saldierna-Martínez, R. J., & Cota-Gómez, V. (2007). Fish larvae in Bahía Sebastián Vizcaino and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List*, 3(3), 204–223. <https://doi.org/10.15560/3.3.204>
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., González-Navarro, E. A., & Saldierna-Martínez, R. J. (2003). Larval, pre-juvenile and juvenile development of *Diapterus peruvianus* (Perciformes: Gerreidae). *Revista de Biología Tropical*, 51(2), 479–488.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., González-Navarro, E. A., & Saldierna-Martínez, R. J. (2006). Larval, prejuvenile and juvenile development of *Eucinostomus currani*. *Journal of Fish Biology*, 69(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.01029.x>
- Keskin, C., & Pauly, D. (2019). Species composition of ichthyoplankton assemblages: A response to seasonal temperature changes. *Mediterranean Marine Science*, 20(1), 222–226. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.18263>

- Kiorboe, T., Munk, P., Richardson, K., Christensen, V., & Paulsen, H. (1988). Plankton dynamics and herring larval growth, drift and survival in a frontal area. *Marine Ecology Progress Series*, 44(3), 205–219.
- Kough, A. S., Paris, C. B., & Butler IV, M. J. (2013). Larval connectivity and the international management of fisheries. *PLoS ONE*, 8(6), e64970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064970>
- Kurogi, H., Mochioka, N., Okazaki, M., Takahashi, M., Miller, M. J., Tsukamoto, K., Ambe, D., Katayama, S., & Chow, S. (2012). Discovery of a spawning area of the common Japanese conger *Conger myriaster* along the Kyushu-Palau ridge in the Western North Pacific. *Fisheries Science*, 78, 525–532. <https://doi.org/10.1007/s12562-012-0468-6>
- Kuroki, M., Miller, M. J., Feunteun, E., Sasal, P., Pikerling, T., Han, Y., Faliex, E., Acou, A., Dessier, A., Schabetsberger, R., Watanabe, S., Kawakami, T., Onda, H., Higuchi, T., Takeuchi, A., Shimizu, M., Hewavitharane, C. A., Hagihara, S., Taka, T.,... Tsukamoto, K. (2020). Distribution of anguillid leptocephali and possible spawning areas in the south Pacific Ocean. *Progress in Oceanography*, 180, 102234. <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2019.102234>
- Leis, J. M., & McCormick, M. I. (2002). The biology, behavior, and ecology of the pelagic, larval stage of coral reef fishes. In P. F. Sale (Ed.), *Coral reef fishes: Dynamic and diversity in a complex ecosystem* (pp. 171–199). Academic Press.
- León-Chávez, C. A., Beier, E., Sánchez-Velasco, L., Barton, E. D., & Godínez, V. M. (2015). Role of circulation scales and water mass distributions on larval fish habitats in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(6), 3987–4002. <https://doi.org/10.1002/2014JC010289>
- León-Chávez, C. A., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Lavín, M. F., Godínez, V. M., & Färber-Lorda, J. (2010). Larval fish assemblages and circulation in the Eastern Tropical Pacific in autumn and winter. *Journal of Plankton Research*, 32(4), 397–410. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbp138>
- Llopiz, J. K., Cowen, R. K., Hauff, M. J., Ji, R., Munday, P. L., Muhling, B. A., Peck, M. A., Richardson, D. E., Sogard, S., & Sponaugle, S. (2014). Early life history and fisheries oceanography: new questions in a changing world. *Oceanography*, 27(4), 26–41. <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.84>
- Longhurst, A. R., & Pauly, D. (1987). *Ecology of tropical oceans*. Academic Press.
- Matsumoto, W. M. (1959). *Descriptions of Euthynnus and Auxis larvae from the Pacific and Atlantic Oceans and adjacent seas*. Dana-Report: The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition.
- Martínez-Aguilar, T., Giraldo, A., & Rodríguez-Rubio, E. (2010). Ichthyoplankton from the Colombian Pacific coastal zone during the terminal phase of El Niño 2006-2007. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(1), 151–166. <http://dx.doi.org/10.3856/vol38-issue1-fulltext-14>
- Mavruk, S., Bengil, F., Yüksek, A., Özyurt, C. E., Kiyaga, V. B., & Avşar, D. (2018). Intra-annual patterns of coastal larval fish assemblages along environmental gradients in the northeastern Mediterranean. *Fisheries Oceanography*, 27(3), 232–245. <http://dx.doi.org/10.1111/fog.12248>
- Miller, B., & Kendall, A. W. (2009). *Early life history of marine fishes*. University of California Press.
- Miyashita, S., Sawada, Y., Okada, T., Murata, O., & Kumai, H. (2001). Morphological development and growth of laboratory-reared larval and juvenile *Thunnus thynnus* (Pisces: Scombridae). *Fishery Bulletin*, 99(4), 601–615.
- Moser, H. G., & Smith, P. E. (1993). Larval fish assemblages of the California current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bulletin of Marine Science*, 53(2), 645–691.
- Moser, H. G. (1996). *The early stages of fishes in the California current region. California cooperative oceanic fisheries investigations (CalCOFI): Atlas No. 33* (Vol. 33). Allen Press, Inc.
- Muhling, B., Beckley, L., Koslow, J., & Pearce, A. (2007). Larval fish assemblages and water mass structure off the oligotrophic south-western Australian coast. *Fisheries Oceanography*, 17(1), 16–31. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2007.00452.x>
- Neira, A., Díaz, J. M., González, G., Velandia, C. M., & Melo, G. J. (2016). Diagnóstico de las pesquerías artesanales en el norte del Pacífico chocoano. En J. M. Díaz, L. Guillot, & M. C. Velandia (Eds.), *La pesca artesanal en el norte del Pacífico colombiano: Un horizonte ambivalente* (pp. 69–89). Fundación MarViva.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Olivar, M., & Sabatés, A. (1997). Vertical distribution of fish larvae in the north-west Mediterranean Sea in spring. *Marine Biology*, 129(2), 289–300. <https://doi.org/10.1007/s002270050169>
- Olivar, M. P., Emelianov, M., Villate, F., Uriarte, I., Maynou, E., Álvarez, I., & Morote, E. (2010). The role of oceanographic conditions and plankton availability in larval fish assemblages off the Catalan coast (NW Mediterranean). *Fishery Oceanography*, 19(3), 209–229. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00538.x>
- Ortiz-Galindo, J. L., Castro-Aguirre, J. L., Balart, E. F., & Álvarez-Pliego, N. (2008). Description of early ontogeny and osteological development of streaked



- mojarra *Eugerres lineatus* (Teleostei: Percoidae: Gerreidae). *Zootaxa*, 1911, 1–30. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.1911.1.1>
- Patrick, P., Weidberg, N., Goschen, W. S., Jackson, J. M., McQuaid, C. D., & Porri, F. (2021). Larval fish assemblage structure at coastal fronts and the influence of environmental variability. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 684502. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.684502>
- Pauly, D., Froese, R., Liang, C., Müller, J., & Sorensen, P. (2023). Post-spawning growth acceleration in fish as a result of reduced live weight and thus, increased food conversion efficiency. *Environmental Biology of Fishes*, 106(11), 2031–2043. <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-023-01482-2>
- Pennington, J. T., Mahoney, K. L., Kuwahara, V. S., Kolber, D. D., Calienes, R., & Chavez, F. P. (2006). Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2), 285–317. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.012>
- Prahl, H., Cantera, J., & Contreras, R. (1990). *Manglares y hombres del Pacífico colombiano*. Editorial Presencia.
- Pritt, J. J., Roseman, E. F., Ross, J. E., & DeBruyne, R. L. (2015). Using larval fish community structure to guide long-term monitoring of fish spawning activity. *North American Journal of Fisheries Management*, 35(2), 241–252. <https://doi.org/10.1080/02755947.2014.996687>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro, F., Hale, E., Hilton, E. J., Clardy, T. R., Deary, A. L., Targett, T. E., & Olney, J. E. (2015). Composition and temporal patterns of larval fish communities in Chesapeake and Delaware Bays, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 527, 167–180. <https://doi.org/10.3354/meps11265>
- Richards, W. (2005). *Early stages of Atlantic fishes: An identification guide for the Western Central North Atlantic* (Vol. 1-2). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203500217>
- Rojas, A. M., Ruiz-Agudelo, C. A., Diazgranados, M. C., Polanco, H., & Anderson, R. (2019). Approach to an integral valuation of mangrove's ecosystem services in a marine protected area. Colombian Pacific region. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8, 322–342. <http://dx.doi.org/10.1080/21606544.2019.1584127>
- Sabatés, A., Olivar, M. P., Salat, J., Palomera, I., & Alemany, F. (2007). Physical and biological processes controlling the distribution of fish larvae in the NW Mediterranean. *Progress in Oceanography*, 74(2-3), 355–376. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.04.017>
- Sassa, C., & Hirota, Y. (2013). Seasonal occurrence of mesopelagic fish larvae on the on-shore side of the Kuroshio off southern Japan. *Deep-Sea Research Part I*, 81, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2013.07.008>
- Saville, A., & Schnack, D. (1981). Overview-some thoughts on the current status of studies of fish eggs and larval distribution and abundance. *Rapports et Procès-verbaux des Reunions*, 178, 153–157.
- Schilling, H. T., Everett, J. D., Smith, J. A., Stewart, J., Hughes, J. M., Roughan, M., Kerry, C., & Suthers, I. (2020). Multiple spawning events promote increased larval dispersal of a predatory fish in a western boundary current. *Fisheries Oceanography*, 29(4), 309–323. <http://dx.doi.org/10.1111/fog.12473>
- Sherman, K. J., Green, R., Goulet, J. R., & Ejsymont, L. (1983). Coherence in zooplankton of a large northwest Atlantic ecosystem. *Fishery Bulletin*, 81(4), 855–862.
- Somarakis, S., Tsoukali, S., Giannoulaki, M., Schismenou, E., & Nikolioudakis, N. (2019). Spawning stock, egg production and larval survival in relation to small pelagic fish recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 617, 113–136. <https://doi.org/10.3354/MEPS12642>
- Sundby, S. (2000). Recruitment of Atlantic cod stocks in relation to temperature and advection of copepod populations. *Sarsia*, 85(4), 277–298. <https://doi.org/10.1080/00364827.2000.10414580>
- Tobón, A. (2001). *Aspectos preliminares de la biología de Caranx caninus y Seriola rivoliana (Pisces: Carangidae) y aportes al conocimiento de algunos aspectos ecológicos y pesqueros en la zona marina comprendida entre Cabo Corrientes y el corregimiento de Jobí, Chocó Pacífico colombiano* [Tesis de grado]. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Tobón-López, A., Rubio, E., & Giraldo, A. (2008). Composición y análisis taxonómico de la ictiofauna del Golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(1), 90–104. <http://dx.doi.org/10.3856/vol36-issue1-fulltext-8>
- Torres, R. R., Giraldo, E., Muñoz, C., Caicedo, A., Hernández-Carrasco, I., & Orfila, A. (2023). Seasonal and El Niño-Southern Oscillation-related ocean variability in the Panama Bight. *Ocean Science*, 19(3), 685–701. <http://dx.doi.org/10.5194/os-19-685-2023>
- Tsukamoto, K. (2006). Spawning of eels near a seamount. *Nature*, 439, 929.
- Valencia, B., Lavaniegos, B. E., Giraldo, A., & Rodríguez-Rubio, E. (2013). Temporal and spatial variation of hyperiid amphipod assemblages in response to hydrographic processes in the Panama Bight, eastern tropical Pacific. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 73, 46–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2012.11.009>

- Valencia, B., Giraldo, A., Rivera-Gómez, M., Izquierdo-Peña, V., & Cuellar-Chacón, A. (2019). Efectos de la surgencia estacional sobre la hidrografía y las comunidades del mesozooplankton en una ensenada tropical del Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 945–962. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i4.35489>
- Valencia, B., Rivera-Gómez, M., Jerez-Guerrero, M., Rondón-Ramos, M., & Giraldo, A. (2024). Temporal and spatial variability of ichthyoplankton assemblages in the Eastern Tropical Pacific off Colombia. *Continental Shelf Research*, 275, 105228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2024.105228>
- van der Lingen, C., & Huggett, J. A. (2003). The role of ichthyoplankton surveys in recruitment research and management of south African anchovy and sardine. In H. I. Browman, & A. B. Skiftesvik (Eds.), *The big fish bang. Proceedings of the 26th annual larval fish conference* (pp. 303–343). Institute of Marine Research.
- Vieira, A. (2003). *Lineamientos generales para el ordenamiento de la pesca artesanal en la costa norte del Chocó*. Fundación Natura.
- Whitfield, A. K., & Patrick, P. (2015). Habitat type and nursery function for coastal marine fish species, with emphasis on the Eastern Cape region, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 160, 49–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.04.002>
- Zapata-Londoño, M. N., Márquez, E. J., Restrepo-Escobar, N., & Ríos-Pulgarín, M. I. (2020). Estructura poblacional y reproducción de cinco especies icticas en un embalse neotropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 622–638. <https://doi.org/10.18257/racefyn.1049>
- Zuluaga, J. (2010). *Diagnóstico integrado de la unidad ambiental costera Pacífico Norte Chocoano (AUC-PN)*. INVEMAR.