

Relación entre Parámetros Oceanográficos y Abundancia de Huevos y Larvas de Pelágicos Pequeños: Identificación de Rangos Óptimos para el Desove

Gabriela Ayora, Gabriela Ponce y Angelica Bustos
Small Pelagics Sustainability- Fishery Improvement

Resumen

Este informe examina la relación entre los parámetros oceanográficos y la actividad reproductiva, basada en la abundancia de las etapas tempranas de las especies pelágicas pequeñas (PPP), centrándose en las especies Botella (*Auxis spp.*) y Macarela (*Scomber japonicus*). Se determinó que la temperatura superficial del mar (TSM), la salinidad superficial (SSM), el oxígeno disuelto (OD) y la clorofila-a (Cl-a) son factores ambientales clave que influyen en la reproducción y el desarrollo de las PPP. La TSM y el OD mostraron una fuerte correlación con el desove de los adultos, mientras que la SSM y la Cl-a se asociaron con la supervivencia larval. Mediante el análisis de cocientes (Q), se definieron los rangos óptimos de estos parámetros para el desove y desarrollo de las especies estudiadas. Se estableció que la TSM entre 25,5 °C y 27,5 °C, la SSM entre 32,5 y 33,5 ups, el OD entre 215 y 230 mmol/m³ y la Cl-a entre 0,7 y 2,1 mg/m³ son los valores preferenciales para la máxima abundancia de sus huevos y larvas. El seguimiento detallado de las condiciones ambientales y su relación con el desove se fortaleció como una fuente de datos adjuntos para la planificación de vedas biológicas. La información recopilada sobre los períodos de máxima actividad reproductiva, y su correlación con las condiciones ambientales óptimas, proporcionó insumos valiosos para la ayuda de toma de decisiones. Estos datos adjuntos facilitaron el seguimiento preciso de los momentos críticos y de máximo desove, lo cual colaboró significativamente en vedas adaptadas a los ciclos naturales de las especies.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. FUENTES DE DATOS	2
2.1 Condiciones ambientales	2
2.2 Huevos y Larvas de peces	2
3. METODOLOGÍA	3
3.1 Procesamiento datos ambientales.....	3
3.2 Análisis de correlación huevos y larvas vs ambiente	3
4. RESULTADOS	3
4.1 Variables ambientales óptimas para el desove (Hábitat reproductivo óptimo, quoting).....	3
4.1.1 Botella (<i>Auxis spp.</i>).....	3
4.1.2 Macarela (<i>Scomber japonicus</i>)	5
4.2. Variación temporal de especies PPP	8
4.3 Rangos preferenciales de las condiciones ambientales: hábitat óptimo para el desove	8
4. CONCLUSIONES	9
5. BIBLIOGRAFÍA	10



1. INTRODUCCIÓN

Los pelágicos pequeños a través de su historia evolutiva, han desarrollado diferentes estrategias de reproducción, con múltiples desoves parciales en pocos meses o durante todo el año, los que responden a una combinación de factores abióticos y bióticos y con los que permite acoplarse a las variaciones estacionales de las condiciones del hábitat pelágico.

Un modelo, basado en diferentes componentes, puede asignar las condiciones propicias del hábitat reproductivo y definir las épocas donde el éxito reproductivo es mayor. Este modelo descriptivo, denominado de curvas bi-variadas o de cocientes (Q), asocia los diferentes intervalos de cada variable ambiental como la Temperatura superficial del mar (TSM), concentración de Clorofila-a (Cl-a), Salinidad superficial (SSM) y/o concentración de oxígeno disuelto (OD), las cuales están relacionadas como disparadores de la actividad reproductiva y posterior mantenimiento de su progenie, con las mayores frecuencias de concentración de huevos/larvas de peces pelágicos.

Mediante los valores obtenidos de la abundancia relativa y los del cociente Q , se puede obtener una clasificación del hábitat reproductivo, siendo: **1) hábitat potencial de desove** (abundancia relativa $\leq 10\%$ y $Q \leq 1$): el área con las condiciones ambientales toleradas para la reproducción y desove, y **2) hábitat óptimo de desove** (abundancia relativa del 10% y $Q \geq 1$): el área con las condiciones ambientales favorables para el desove, donde existe alta probabilidad de supervivencia de larvas, contribuyendo al reclutamiento y mantenimiento de las poblaciones de pelágicos pequeños.

Desde septiembre de 2021 hasta febrero de 2025, el proyecto "Monitoreo de Huevos y Larvas de peces de especies pelágicas pequeñas asociados a la Flota SPS-FIP" ha recopilado datos que han permitido definir las condiciones "preferidas" para la mayor intensidad de desove, particularmente de las especies Botella (*Auxis* spp.) y Macarela (*Scomber japonicus*). Esta información sobre los rangos óptimos preferenciales para el desove ha contribuido a mejorar las medidas de gestión relacionadas con la reproducción y las condiciones ambientales.

2. FUENTES DE DATOS

2.1 Condiciones ambientales

Las variables oceanográficas de estudio: temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (UPS), oxígeno disuelto (mmol/m^3), clorofila-a (mg/mg^3), fueron descargadas a través del servidor de Copernicus Marine Service, de manera más específica se puede observar en la Tabla 1 los productos de las fuentes de datos y su resolución espacial y temporal.

Tabla 1. Fuentes de descarga de productos de condiciones oceanográficas de estudio.

Parámetro	Unidades	Fuente	Resolución
Temperatura superficial del mar	$^{\circ}\text{C}$	Copernicus - Global Ocean Physics Analysis and Forecast	$0.083^{\circ} \times 0.083^{\circ}$ - diario
Salinidad superficial	UPS		
Oxígeno disuelto	mmol/m^3	Copernicus - Global Ocean Biogeochemistry Analysis and Forecast	$0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ - diario
Clorofila-a	mg/m^3		

2.2 Huevos y Larvas de peces

La serie temporal de datos de abundancia de ictioplancton, recolectados en nueve estaciones mensuales hasta febrero de 2025, se obtuvo a bordo de embarcaciones de la flota cerquera-sardinera asociada al FIP. Este muestreo se realizó durante las faenas de pesca, específicamente entre el inicio y



el final de la fase de luna nueva ("oscura"), en el marco del proyecto "Monitoreo de Huevos y Larvas de peces de especies pelágicas pequeñas asociados a la Flota SPS-FIP"

3. METODOLOGÍA

3.1 Procesamiento datos ambientales

La descarga de las variables oceanográficas se realizó de manera puntual en la posición de las estaciones del muestreo de huevos y larvas, correspondiendo con las fechas respectivas; en los casos que no existían datos de muestreo se descargaron los datos centrados en el 15 de cada mes con la finalidad de completar las series temporales. Utilizando los datos in situ de temperatura, salinidad y clorofila - recolectados en las estaciones de muestreo, se realizó una validación de los datos satelitales correspondientes a estas variables. Posteriormente, se calcularon promedios por mes, con los promedios de cada variable se elaboraron series temporales de septiembre 2021 a febrero 2025, con la finalidad de observar las variaciones presentes en el periodo de estudio.

3.2 Análisis de correlación huevos y larvas vs ambiente

Para determinar las condiciones ambientales óptimas o hábitat potencial reproductivo se utilizó un análisis de cociente de factor único como herramienta de análisis de datos exploratorios para describir la relación potencial entre la abundancia de huevos y larvas con las variables ambientales que presentaron mayor correlación en el análisis de RDA. La caracterización del hábitat del desove de la especie se realizó siguiendo el modelo de Castro et al., (2005) del hábitat potencial, del desove y óptimo, para el periodo de estudio. Se implementó el método de curvas bi-variadas o de cocientes (Q), con base en lo propuesto por Van der Lingen (2001), Checkley (2004) y Drapeau (2004).

Los cocientes se calcularon como la abundancia relativa de huevos/larvas divididas por la frecuencia relativa de estaciones positivas en intervalos de cada variable ambiental. Para este análisis, se seleccionaron las variables ambientales en función de los resultados del Análisis de Correspondencia Redundante (RDA) de informes anteriores (G. Ayora et al., 2024), priorizando aquellas con la mayor correlación con la presencia de huevos y larvas de la especie estudiada. Los intervalos para TSM, SSM y OD fue de 0.5 y de 0,3 para Cl-a.

Los valores de abundancia relativa del 10% y el cociente $Q \geq 1$, expresan una selección positiva, el cual representa el intervalo con las características para una reproducción óptima (Checkley, 2004; Drapeau, 2004). La escala del hábitat de desove se definió con respecto al criterio: potencial ($Q = 0$), de desove ($Q < 0.5$) y óptimo ($1 \geq Q \leq 10$).

4. RESULTADOS

4.1 Variables ambientales óptimas para el desove (Hábitat reproductivo óptimo, quoting)

El análisis de redundancia, basado en datos de informes previos, reveló correlaciones significativas entre la temperatura superficial del mar (TSM), la salinidad superficial (SSM), el oxígeno disuelto (OD) y la clorofila-a (Cl-a). Estas correlaciones permitieron determinar con mayor precisión los rangos óptimos para el desove y la supervivencia larval. A partir de estas relaciones, se establecieron las preferencias ambientales para el desove (abundancia de huevos) y el desarrollo y supervivencia de los pre-reclutas (abundancia de larvas).

4.1.1 Botella (*Auxis spp*)

El análisis de preferencias reveló que el desove de la especie de interés se registró en un rango de temperaturas de 22,0 °C a 28,0 °C. Se identificó el hábitat reproductivo óptimo, definido por valores de $Q \geq 1$, dentro del rango térmico de 25,5 °C a 27,5 °C. En cuanto a la salinidad, la abundancia de huevos se observó entre 31,5 y 34,5 ups, estableciéndose su rango de preferencia entre 33,0 y 33,5 ups (Figura 1). Además, el análisis de cocientes de Clorofila-a mostró una preferencia de desove en



concentraciones que varían entre 0,7 y 1,5 mg/m³ (Figura 1). Por otro lado, las concentraciones preferenciales de oxígeno disuelto fluctúan entre 220 y 230 mmol/m³.

5.

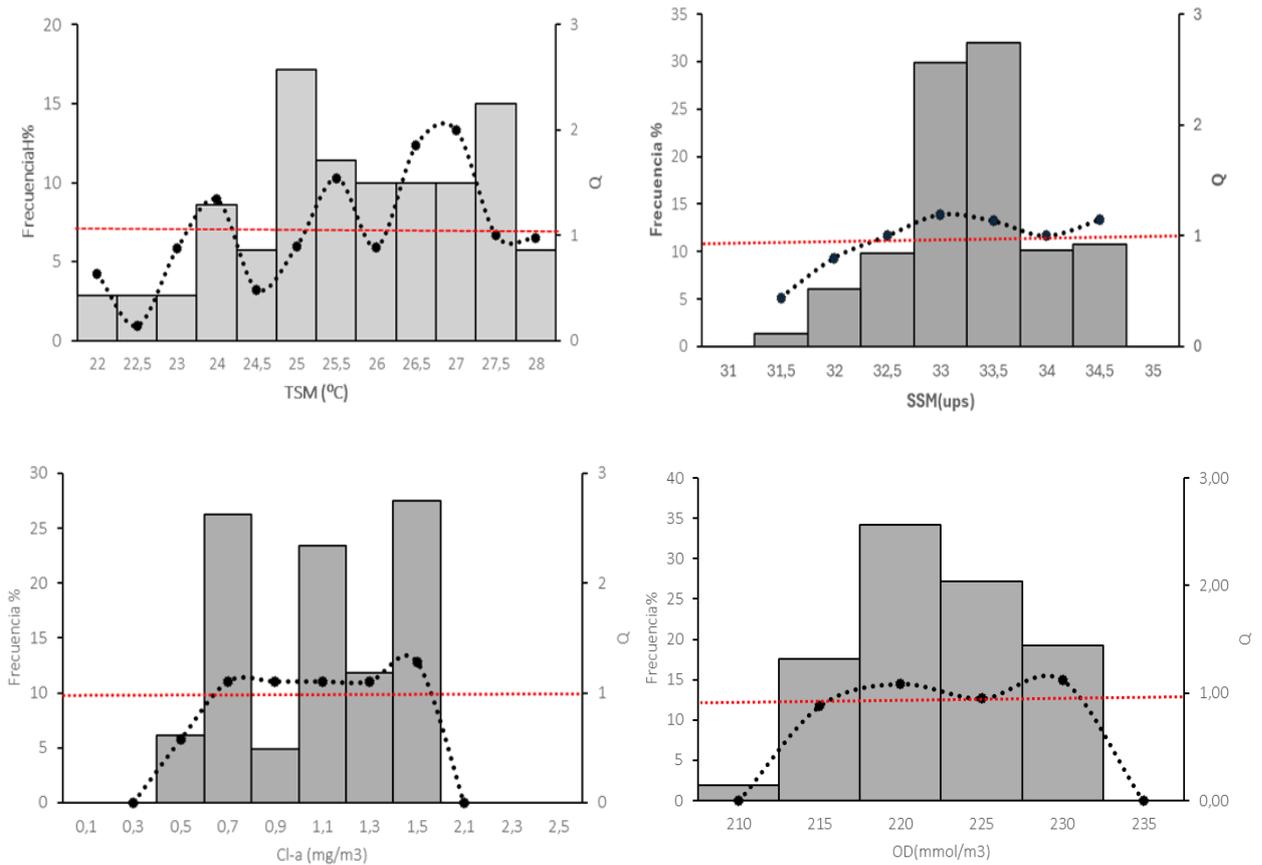


Figura 1. Análisis del cociente para la distribución del desove (huevos) de *Auxis* spp., en relación con la TSM, SSM, OD y Cl-a. Las barras muestran el número de observaciones (frecuencia) dentro de cada intervalo. La línea discontinua representa el cociente de la densidad de huevos. Línea discontinua roja representan los valores del cociente $Q \geq 1$

El análisis de preferencias reveló que el desarrollo larval tuvo lugar a temperaturas que variaron entre 22,0 °C y 28,0 °C. El hábitat óptimo, determinado por valores de $Q \geq 1$, se ubicó en un rango térmico de 25,5 °C a 27,0 °C (Figura 2). En lo que respecta a la salinidad, se encontraron densidades larvales en un intervalo de 31,5 a 34,5 ups, y el análisis de cociente indicó que la salinidad óptima se situaba entre 32,5 y 33,5 ups (Figura 2). El análisis de cocientes de clorofila-a mostró que la preferencia para el desarrollo larval se registró en concentraciones de entre 0,7 a 0,9 mg/m³ (Figura 2). Por último, en



relación con el oxígeno disuelto, las concentraciones preferenciales estuvieron en un rango de 215 a 230 mmol/m³.

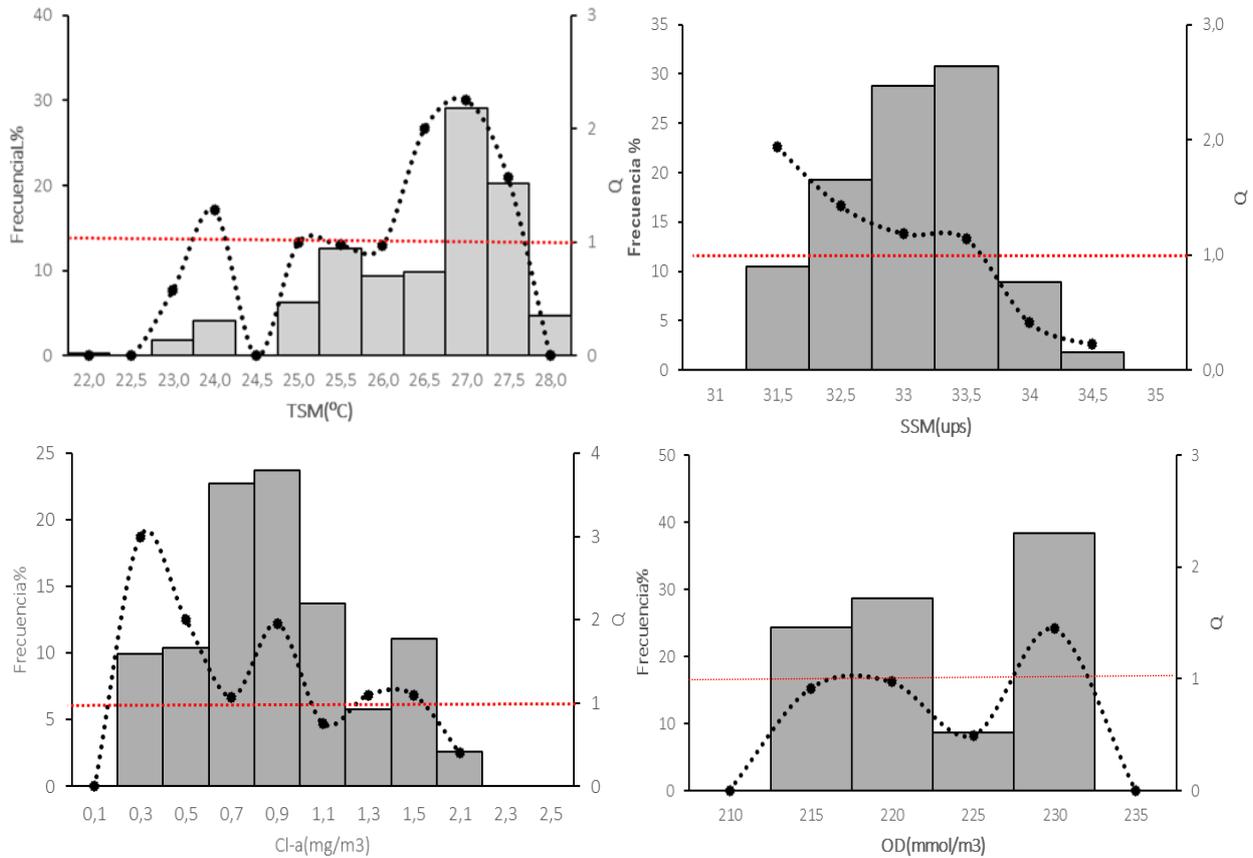


Figura 2. Análisis del cociente para la distribución de desarrollo y supervivencia (larvas) de *Auxis* spp., en relación con la TSM, SSM, OD y Cl-a. Las barras muestran el número de observaciones (frecuencia) dentro de cada intervalo de temperatura. La línea discontinua representa el cociente de la densidad de larvas. Línea discontinua roja representan los valores del cociente $Q \geq 1$

4.1.2 Macarela (*Scomber japonicus*)

El análisis de preferencias reveló que el desove de la especie de interés se registró en un rango de temperaturas de 22,0 °C a 28,5 °C. Se identificó el hábitat reproductivo óptimo, definido por valores de $Q \geq 1$, dentro del rango térmico de 24,0 °C a 26,5 °C. En cuanto a la salinidad, la abundancia de huevos se observó entre 31,5 y 34,5 ups, estableciéndose su rango de preferencia entre 33,5 y 34,5 ups (Figura 3). Además, el análisis de cocientes de Clorofila-a mostró una preferencia de desove en concentraciones que varían entre 0,9 y 2,1 mg/m³ (Figura 3). Por otro lado, las concentraciones preferenciales de oxígeno disuelto fluctúan entre 220 y 230 mmol/m³.

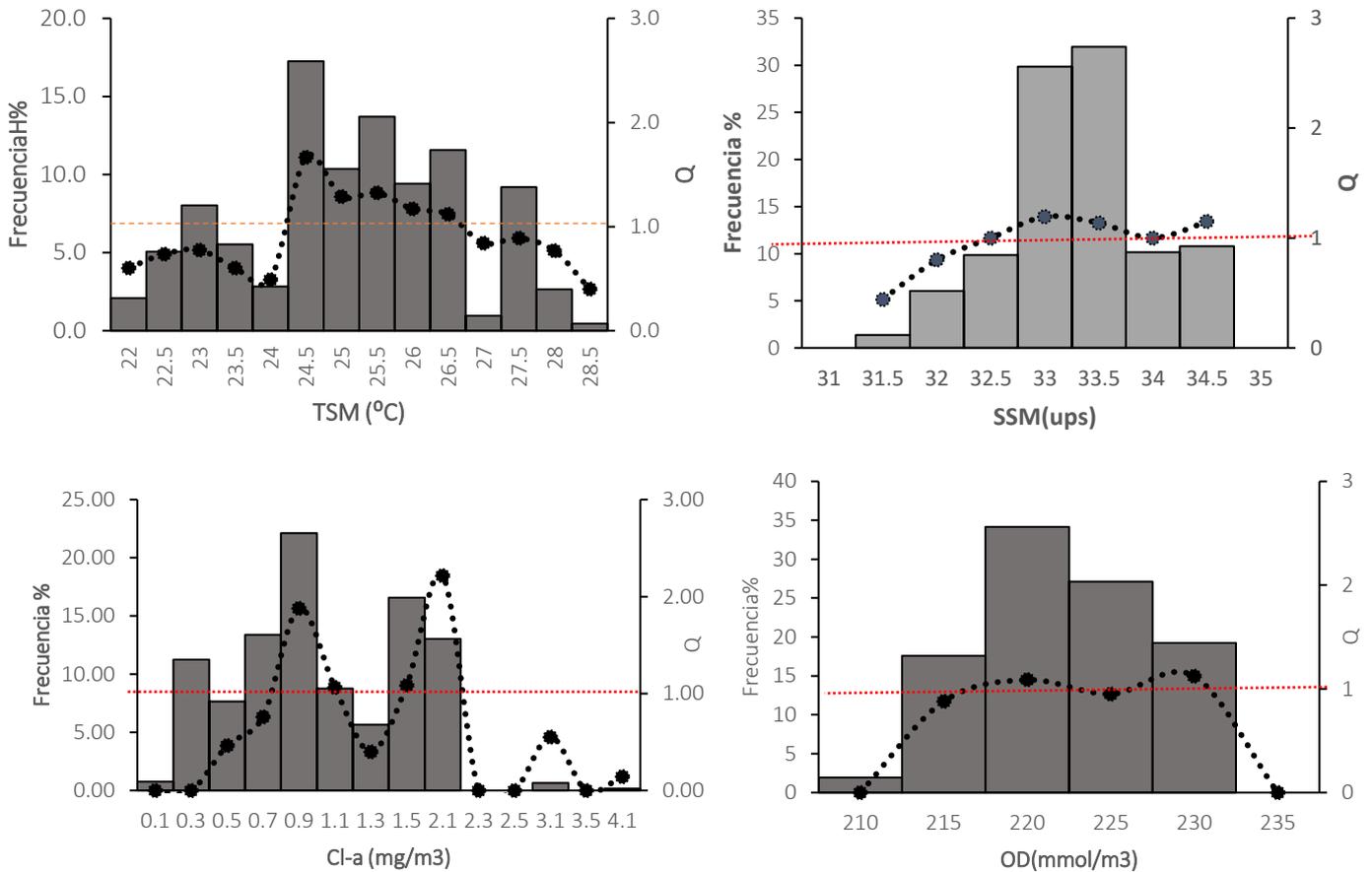


Figura 3. Análisis del cociente para la distribución del desove (huevos) de *Scomber japonicus*, en relación con la TSM, SSM, OD y Cl-a. Las barras muestran el número de observaciones (frecuencia) dentro de cada intervalo. La línea discontinua representa el cociente de la densidad de huevos. Línea discontinua roja representan los valores del cociente $Q \geq 1$

El análisis de preferencias reveló que el desarrollo larval tuvo lugar a temperaturas que variaron entre 22,5 °C y 29,0 °C. El hábitat óptimo, determinado por valores de $Q \geq 1$, se ubicó en un rango térmico de 24,5 °C a 26,5 °C (Figura 4). En lo que respecta a la salinidad, se encontraron densidades larvales en un intervalo de 31,5 a 34,5 ups, y el análisis de cociente indicó que la salinidad óptima se situaba entre 32,5 y 33,5 ups (Figura 4). El análisis de cocientes de clorofila-a mostró que la preferencia para el desarrollo larval se registró en concentraciones de entre 0,3 a 0,7 mg/m³ (Figura 4). Por último, en relación con el oxígeno disuelto, las concentraciones preferenciales estuvieron en un rango de 215 a 230 mmol/m³.



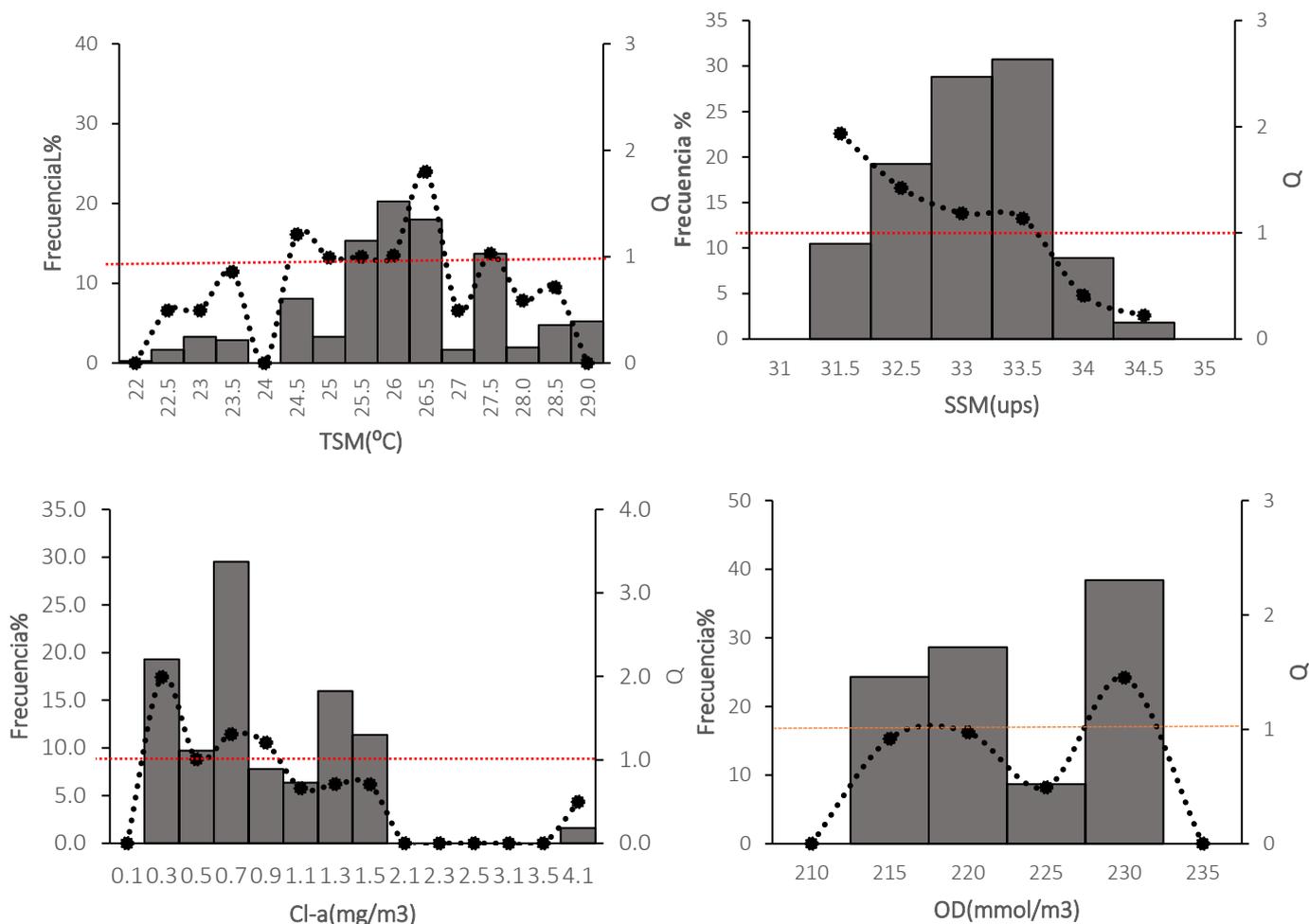


Figura 4. Análisis del cociente para la distribución de desarrollo y supervivencia (larvas) de *Scomber japonicus*, en relación con la TSM, SSM, OD y Cl-a. Las barras muestran el número de observaciones (frecuencia) dentro de cada intervalo de temperatura. La línea discontinua representa el cociente de la densidad de larvas. Línea discontinua roja representan los valores del cociente $Q \geq 1$

El análisis de las características del desove potencial y óptimo para cada especie se basó principalmente en los rangos de temperatura superficial del mar (TSM) y concentración de clorofila-a (Cl-a). Los resultados se presentan a continuación:

Condiciones potenciales de desove:

- Temperatura superficial del mar (TSM): 23.5 °C a 24.4 °C.
- Concentración de clorofila-a (Cl-a): 0.1 a 0.5 mg/m³.

Condiciones preferenciales de desove:

- Temperatura superficial del mar (TSM): 24.5 °C a 27.0 °C.
- Concentración de clorofila-a (Cl-a): 0.7 a 2.1 mg/m³.



4.2. Variación temporal de especies PPP

El monitoreo continuo de la abundancia de huevos y larvas de especies pelágicas pequeñas (PPP) ha permitido identificar los picos de desove, caracterizados por la máxima intensidad reproductiva, cruciales para la implementación efectiva de vedas reproductivas.

El análisis general del período de estudio reveló un patrón fluctuante en la densidad de huevos y larvas, con un incremento gradual desde septiembre, alcanzando los valores máximos entre enero y marzo, y una disminución posterior a partir de abril. Este patrón, con las mayores densidades persistiendo de enero a febrero (Figura 5), refleja la intensidad del desove y el período de máxima actividad reproductiva de estas especies. Los resultados del seguimiento mostraron una consistencia con este patrón observado en períodos anteriores, destacando un incremento significativo en febrero de 2025. Este aumento, que superó los promedios de años anteriores, sugiere un inicio e intensidad elevada del período de máxima actividad reproductiva y desove, indicando una estrecha relación con los procesos de maduración gonadal y actividad ovárica de los adultos. La abundancia larval también alcanzó su pico máximo en febrero, confirmando la tendencia observada en la densidad de huevos (Figura 5).

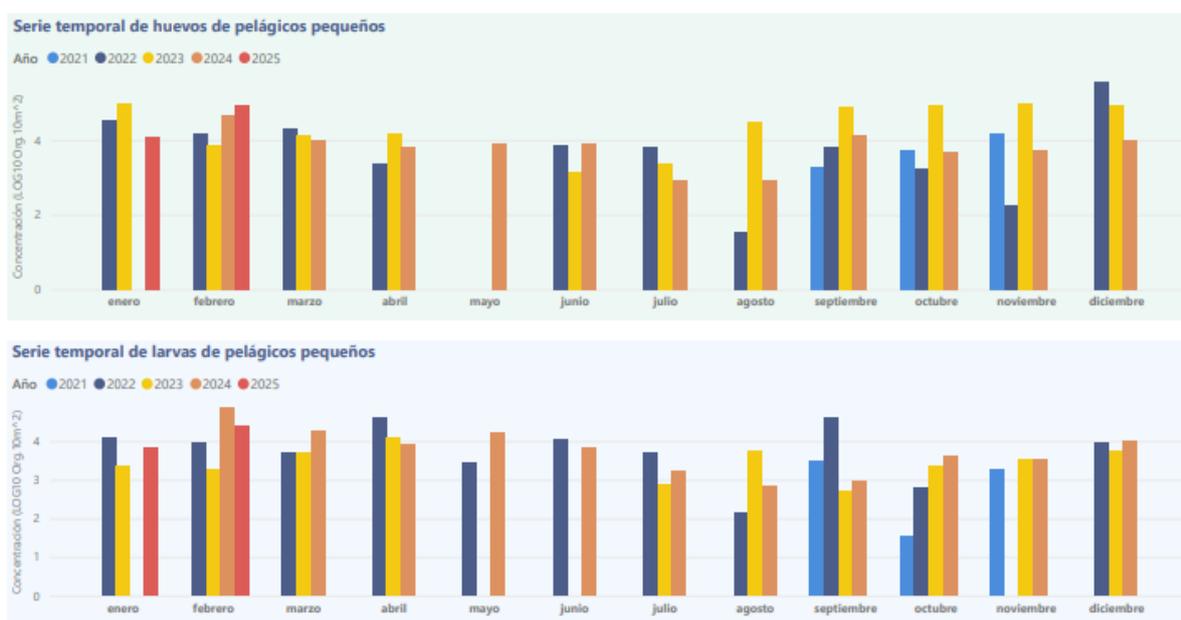


Figura 5. Serie temporal de la abundancia de huevos y larvas de peces pelágicos pequeños obtenida durante septiembre 2021 a febrero 2025.

4.3 Rangos preferenciales de las condiciones ambientales: hábitat óptimo para el desove

Durante el período de muestreo, se registraron los siguientes parámetros ambientales: la temperatura superficial del mar (TSM) varió entre 22.8°C y 28.9°C; la concentración de clorofila-a (Cl-a) osciló entre 0.5 y 1.1 mg/m³; la salinidad superficial (SSM) se encontró entre 31.5 y 34.5 UPS; y el oxígeno disuelto presentó valores entre 217 y 230 mmol/m³.

El monitoreo de los parámetros ambientales reveló que los rangos óptimos de temperatura superficial del mar (TSM) y concentración de clorofila-a (Cl-a), considerados ideales para la máxima actividad reproductiva de los adultos, coincidieron con el aumento en la abundancia de huevos y larvas. Se observó que los meses con valores óptimos de TSM se correlacionaron con el incremento en la abundancia de huevos, indicativo del desove máximo de pelágicos pequeños. Por otro lado, la densidad disminuyó cuando los valores de TSM superaron los óptimos. Los niveles óptimos de Cl-a registrados,

mostraron un acoplamiento favorable con la abundancia de larvas, incrementando la probabilidad de supervivencia larval tras la eclosión y el inicio de la alimentación exógena (Figura 6).

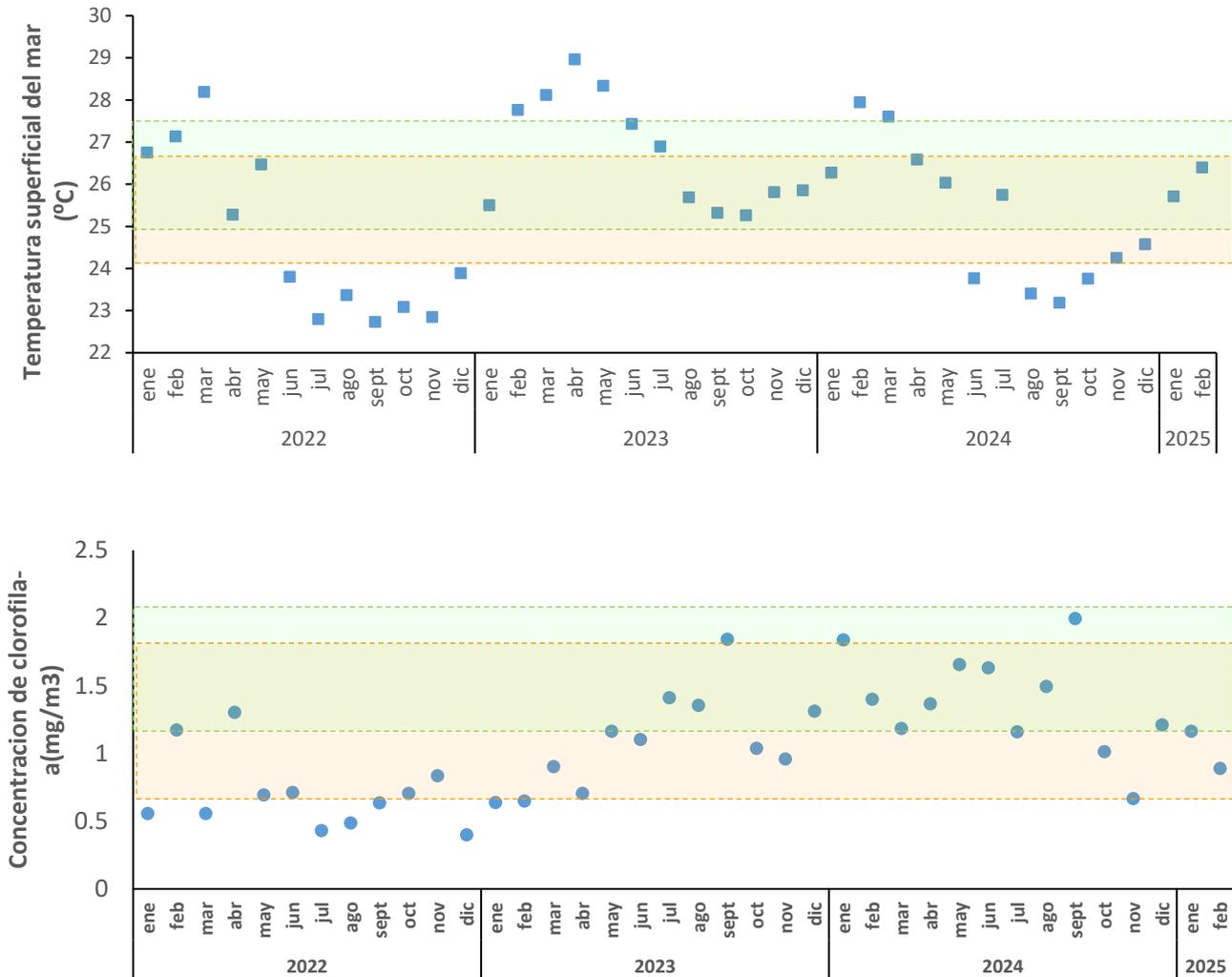


Figura 6. Rangos óptimos de TSM y Cl-a de las condiciones del desove de las especies Botella (recuadro verde) y Macarela (recuadro naranja) obtenidas durante septiembre 2021 a febrero 2025.

4 CONCLUSIONES

- **Correlación Ambiental-Biológica:** El estudio reveló correlaciones entre las condiciones ambientales y los parámetros biológicos de las especies Botella y Macarela. Se identificaron la temperatura superficial del mar (TSM), la salinidad superficial (SSM), el oxígeno disuelto (OD) y la concentración de clorofila-a (Cl-a) como variables ambientales que influyen significativamente en el desove y desarrollo de estas especies. La TSM y el OD se destacaron como parámetros clave para la actividad reproductiva de los adultos, mientras que la SSM y la Cl-a mostraron una fuerte asociación con la supervivencia larval.
- **Rangos Óptimos para la Reproducción:** Mediante el análisis de cocientes (Q), se establecieron los rangos óptimos de los parámetros ambientales que favorecen la reproducción y el desarrollo de la especie Botella. Estos rangos incluyen una TSM entre 25,5 °C y 27,0 °C, una



SSM entre 32,5 y 33,5 ups, un OD entre 215 y 230 mmol/m³ y una Cl-a entre 0,7 y 1,5 mg/m³. Estos valores representan las condiciones ideales para el hábitat reproductivo de la especie.

- **Aplicación en la Gestión Pesquera:** El seguimiento continuo de la abundancia de huevos y larvas, combinado con el análisis de los rangos óptimos de parámetros ambientales, demostró ser una herramienta crucial para la gestión pesquera. Esta información permitió:
 - **Identificar períodos críticos de reproducción:** La correlación entre las condiciones ambientales y la abundancia de huevos y larvas facilitó la identificación de los momentos óptimos para el desove.
 - **Adaptar las vedas a las condiciones locales:** Los rangos óptimos definidos permitieron ajustar las vedas a las necesidades específicas de las especies en cada área, maximizando la protección de los estadios tempranos de vida.
 - **Pronosticar el reclutamiento:** La abundancia larval y las condiciones ambientales favorables sirvieron para anticipar el reclutamiento de juveniles en los meses siguientes.

5 BIBLIOGRAFÍA

Ahlstrom E. H. & H. G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fish and their role in systematic investigations and in fisheries. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 40(3-4): 379-398.

Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Tomo 1. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura –Colombia. 359 p.

Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Tomo 2. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura–Colombia. 360 – 727p.

Calderón, G. 2011. Catálogo de huevos y larvas de peces colectadas en aguas ecuatorianas. Boletín Especial. 02(4).1-55.

Legget W. C. & E. Deblois. 1994. Recruitment in marine fishes: Is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages? Netherlands Journal of Sea Research. 32(2), 119-134.

Hjort J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. Conseil Parmanent International Pour L'Exploration De La Mar. Rapports et Proces-Verbaux, 20: 1–228, 1914).

Hunter, J. R., & Lo, H. 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. Bulletin of Marine Science, 53: 723–727.

Keller, A.A., G. Klein-MacPhee & J. St. Onge-Burns. 1999. Changes in abundance and distribution of ichthyoplankton in Narragansett Bay, RI - A response to changes in environmental quality? Estuaries, 22(1): 149-163.

Miller, B.S. & A.W. Kendall Jr., 2009. Early life history of marine fishes. Berkeley, Calif.: University of California Press, 364 p.



Moser, H. G. (Ed.) 1996. The early stages of the fishes in the California Current Region. CalCOFI Atlas, 33.

Moser, H.G., R.L. Charter, W. Watson, D.A. Ambrose, J.L. Butler, S.R. Charter & E.M. Sandknop. 2000. Abundance and distribution of rockfish (*Sebastes*) larvae in the Southern California Bight in relation to environmental conditions and fishery exploitation. California Cooperative Oceanic Fisheries investigations. Reports, 41: 132–148.

Petersen, C.W. & Warner, R.R., 2002, The ecological context of reproductive behavior. In: P.F. SALE, ed. Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. California: Academic Press, pp. 103-118.

Smith, P. & S. L. Richardson 1979. Standard techniques for pelagic fish egg and larval survey. FAO Fish. Tech. Pap. (175):100.