

INFORME ANUAL

PROYECTO “MONITOREO DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES A BORDO DE LA FLOTA ASOCIADA AL SPS-FIP”

ZONAS DE ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE LAS ESPECIES PELÁGICAS PEQUEÑAS Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES OBSERVADAS DURANTE 2022 - 2023

Gabriela Ayora¹ y Daniela Saltos¹

¹ Small Pelagics Sustainability

Resumen

Durante septiembre 2022 - 2023 se establecieron las zonas de abundancia del desove y crianza larval de *Cetengraulis mysticetus* (chuhueco), *Auxis* sp.(botellita), *Scomber japonicus* (morenillo), *Etrumeus acuminatus* (sardina redonda) y *Opisthonema* spp. (pinchagua), utilizando arrastres verticales con redes tipo Bongo, obtenidos a partir del programa de seguimiento mensual de huevos y larvas de peces a bordo de barcos asociados al SPS-FIP, en nueve estaciones de la costa ecuatoriana. Las principales áreas de abundancia de huevos se ubicaron en Engabao y Puntilla de Santa Elena, y las áreas de crianza larval en Bajo Cope, Puntilla de Santa Elena, Anconcito y Engabao. La variación mensual de la abundancia de huevos definió que de manera general el 75% de los individuos adultos, iniciaron su actividad reproductiva durante octubre a diciembre, mientras que por especie *Auxis* spp *C. mysticetus* y *Opisthonema* spp alcanzaron su mayor desove durante los meses de enero - febrero y entre marzo - abril para las especies *Scomber japonicus* y *Etrumeus acuminatus*. El desove efectivo de las especies estuvo estrechamente asociadas a los parámetros físicos y biológicos, como la salinidad superficial del mar (SSM) y concentración de Cl-a. Las larvas con desarrollo más avanzado se asociaron principalmente con una menor profundidad de capa de mezcla (PCM) y mayor temperatura superficial del mar (TSM). Estos resultados sugieren la idea de que el éxito del desove para asegurar el reclutamiento de los pelágicos pequeños depende de las condiciones físicas y biológicas, tanto para iniciar la actividad reproductiva y para asegurar su supervivencia larval.



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	4
2.2 Zona de estudio	4
2.3 Colecta de las muestras	5
2.4 Análisis en laboratorio	6
2.5 Análisis de datos	6
2.5.1 Composición general del ictioplancton	6
2.5.2 Índice de Abundancia:	6
2.5.3 Variación temporal y espacial de la densidad de huevos y larvas de peces:	7
2.5.4 Frecuencia acumulada temporal:	7
2.5.6 Composición del ictioplancton- relación componentes principales:	8
3. RESULTADOS	9
3.1 Composición general del ictioplancton	9
3.2 Índice de abundancia - Variación temporal: Épocas e intensidad de abundancia de huevos y larvas de especies pelágicos pequeños	10
3.4 Abundancia acumulada de huevos de peces	24
3.5 Composición del ictioplancton- relación componentes principales	25
4. DISCUSIÓN	28
5. CONCLUSIONES	32
6. RECOMENDACIONES	32
7. BIBLIOGRAFÍA	33



1. INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de pelágicos pequeños presentan amplias fluctuaciones en su abundancia y distribución, motivadas por la alta variabilidad del reclutamiento. Lo cual ha impulsado considerables esfuerzos de investigación en las ciencias pesqueras, para comprender los mecanismos que influyen en las condiciones estacionales y variabilidad espacial de la población (Lluch-Belda et al., 1992; Chávez et al., 2002).

En los últimos años, se han formulado algunas hipótesis acerca de la importancia maternal (fecundidad, estados de condición, bioenergética, entre otros) y los primeros estadios vitales de los peces (huevos, larvas y etapas tempranas de juveniles) en los procesos de reclutamiento, los cuales son críticos para las fluctuaciones en la abundancia de las poblaciones de peces explotadas (Sinclair, 1988).

La presencia de huevos y larvas de peces en el ecosistema marino, permite establecer las estrategias reproductivas y las épocas, áreas y abundancia de desove de las especies, realizar proyecciones acerca del tamaño de la población adulta y de la clase anual futura, así como el éxito del reclutamiento y los parámetros poblacionales de las especies con importancia pesquera (Moser et al. 1984; Ciechowski 1981; Richards 1990).

La distribución espacio-temporal y la abundancia de los huevos y las larvas, ocurren en función de la estacionalidad reproductiva y la fecundidad de cada especie; y estos a su vez asociados a diferentes condiciones oceanográficas, la disponibilidad de alimento adecuado (cantidad, calidad y tamaño) y el nivel de depredación (Houde y Alpern 1984; Fuiman y Cowan 2003; Alemany et al. 2006), los cuales proveen mecanismos para una mayor supervivencia larval.

El seguimiento de la distribución de sus primeros estadios de desarrollo, permite una cuantificación programada de los aportes de larvas que año tras año ocurren como resultado de los desoves (Fuentes et al., 2012); lo que brinda información precisa de la temporalidad de la reproducción y al mismo tiempo constituye un dato independiente y complementario de las estimaciones de captura y esfuerzo de adultos de las especies a estudiar.

La importancia de identificar áreas que sirvan como hábitat de desove y definir qué procesos oceanográficos (remolinos, frentes, edies, etc) están regulando su extensión y cualidades, se manifiesta con la idea de que la magnitud del desove y la supervivencia posterior determinen la intensidad del reclutamiento.



En la actualidad se ha vuelto difícil definir qué parte del proceso reproductivo está afectando más directamente los niveles de reclutamiento, pero al parecer la reproducción de los pelágicos pequeños (desove y supervivencia larval), es influenciada por la variabilidad ambiental.

Con el objeto de disponer de indicadores independientes de la pesquería que permitan analizar la situación del recurso en el mediano plazo, este informe determina la abundancia y distribución de huevos y larvas de las especies pelágicas pequeñas en el perfil costero, brindando el conocimiento de las épocas y zonas de concentración del desove, (huevos) y áreas de cría (estadios larvarios) en relación a las variables ambientales, durante septiembre 2022 a septiembre 2023. Lo que nos permita entender las diferentes fluctuaciones de las poblaciones de peces pelágicos y la influencia de la variabilidad ambiental sobre zonas de desove y crianza de las especies de pelágicos pequeños.

2. METODOLOGÍA

2.2 Zona de estudio

El área de estudio comprende nueve sitios de muestreo ubicados generalmente entre 12 a 15 mn de la costa, principalmente en la parte externa del Golfo de Guayaquil, que cubre el área de las provincias de El Oro y Guayas, en la provincia de Santa Elena y centro de la provincia de Manabí (Figura 1, Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación de estaciones de muestreo

Estaciones	Nombre	Longitud	Latitud	Provincia	Zonas
1	Puerto Hualtaco	-80,650	-3,360	El Oro	
2	Isla Santa Clara	-80,570	-3,160	El Oro	
3	Engabao	-80,730	-2,700	Guayas	Zona Sur
4	Anconcito	-81,150	-2,360	Santa Elena	
5	Punta De Santa Elena	-81,170	-2,190	Santa Elena	
6	Bajo Copé	-81,134	-1,827	Santa Elena	
7	Salango	-81,100	-1,590	Manabí	Zona
8	Puerto López	-81,100	-1,470	Manabí	Norte
9	Puerto Cayo	-81,100	-1,360	Manabí	



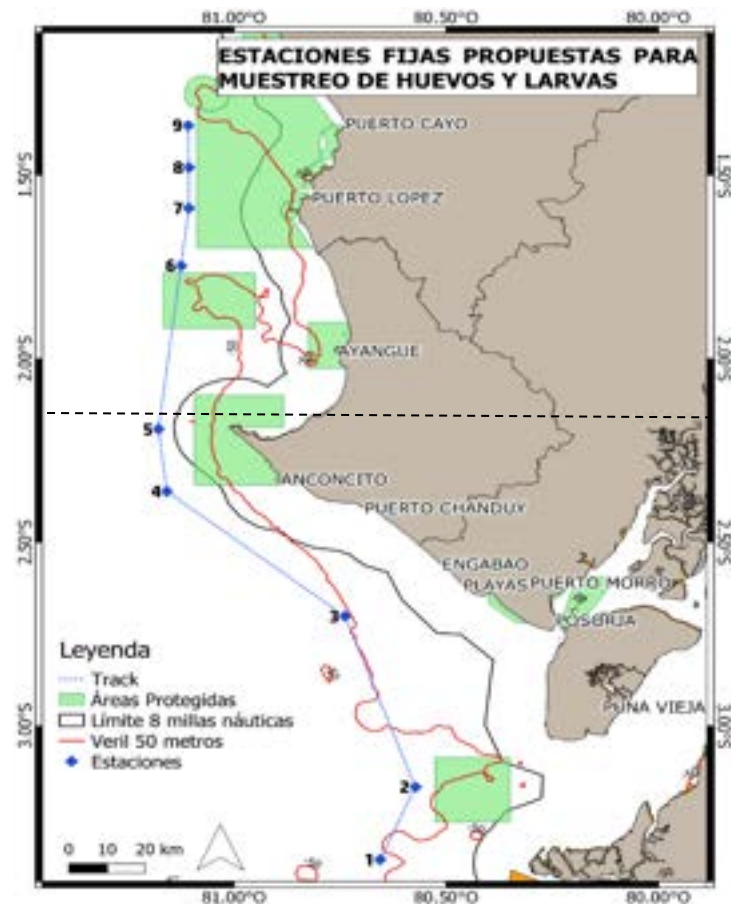


Figura 1. Mapa de estaciones determinadas para la colecta de muestras de ictioplancton. La línea discontinua separa las estaciones de zona “sur” y zona “norte”.

2.3 Colecta de las muestras

Los muestreos de ictioplancton se realizaron a bordo de los barcos de las empresas Polar, Nirsa y Herco, de la flota cerquera-sardinera asociada al FIP, durante sus faenas de pesca entre el inicio y final de la fase de luna nueva (denominada “oscura”), el cual comprendió el periodo de estudio de septiembre 2022 a septiembre de 2023, con excepción en algunos meses o estaciones, donde se presentaron algunas dificultades operativas para realizar el muestreo.

Las muestras de zooplancton se recolectaron mediante arrastres verticales de 70 m de profundidad hacia la superficie, con la ayuda de una red tipo bongo de 300 y 500 μ , con una duración de 5 min, aproximadamente. El plancton recolectado se trasvasó a frascos de 500 ml previamente etiquetados y preservados con 20 ml de formalina neutralizada al 4%. Adicionalmente, en cada estación se tomaron datos ambientales como temperatura y salinidad en la columna de agua (0 – 100 m) con un CTD marca Cast-Away.



2.4 Análisis en laboratorio

Se determinó el volumen de zooplancton mediante el método de volumen húmedo desplazado (Kramer et al., 1972), donde se excluyeron a los organismos considerados de gran tamaño, cuyo volumen individual excede los 5 ml, posteriormente los valores fueron estandarizados a ml/1000m³ de agua filtrada.

Se extrajo de las muestras sin fraccionar la totalidad del ictioplancton. Los huevos y larvas de las especies de pelágicos pequeños fueron identificadas hasta el mínimo nivel taxonómico posible, siguiendo los criterios establecidos en Moser et al., (1996), Richards (2006) y Beltrán & Ríos (2009). Así mismo, los huevos fueron cuantificados según sus fases de desarrollo como estadio inicial, medio y final; y las larvas por etapa de desarrollo con relación al desarrollo del notocordio, esto es, en estadios de preflexión, flexión y postflexión.

2.5 Análisis de datos

La abundancia de huevos y larvas se estimó por el cálculo de densidad de las distintas especies dividiendo el total de larvas por el volumen de agua filtrada y se estandarizó a número de individuos/10 m² de superficie marina, a partir del método descrito por Smith y Richardson (1979), de acuerdo a la siguiente formula:

$$N = 10 (c * d) / (a * b)$$

Donde:

N= Número de huevos o larvas bajo 10m² de superficie marina.

a= Área de la boca de la red.

b= Distancia de la trayectoria cubierta por la red.

c= Número de huevos o larvas en la muestra.

d= Profundidad del lance.

2.5.1 Composición general del ictioplancton: con el objetivo de conocer las especies del ictioplancton que se obtuvieron durante el periodo de estudio, se sumó el total de huevos y larvas de cada “especie” registrado durante la totalidad de los meses y las localidades monitoreadas. Mediante este cálculo se obtuvo la composición general porcentual ictioplanctónica.

2.5.2 Índice de Abundancia: se calculó el Índice de Abundancia (IA) para tener el número estimado de huevos y larvas de peces por mes y especie de interés de estudio, tratando de disminuir el error debido a la diferente cobertura hecha en los muestreos, con lo cual se obtuvo el promedio de huevos/larvas por estación positiva por mes.



Este Índice de Abundancia es el denominado Índice Larval de Smith y Richardson (1979), el cual está definido con la siguiente fórmula:

$$IAL = (\sum N/N+) * (N+/Nt) * C$$

Dónde:

IAL = Índice de abundancia de larvas

£NL= Suma total de larvas por zona

N+ = Número de estaciones positivas por zona

N T = Número total de estaciones por zona

N+/Nt = Proporción de estaciones positivas

C = Número de áreas por 10 m².

N+ es el número de estaciones positivas donde se encontraron huevos y/o larvas de la especie, el término (N+/Nt) es la proporción de estaciones positivas del área de muestreo que contenía huevos y/o larvas. Para la obtención de C se realizó el cálculo del área total que representa cada estación de muestreo. Se calculó el promedio global, considerando la proporción de estaciones positivas por especie en cada mes. A partir de estos cálculos, se caracterizaron las áreas y épocas de abundancia por especie

2.5.3 Variación temporal y espacial de la densidad de huevos y larvas de peces: Con el objetivo de estudiar la variación temporal y espacial de la actividad reproductiva de las principales especies de peces pelágicos pequeños, y proveer insumos sobre las épocas e intensidad del desove, se realizaron gráficos tomando en cuenta los datos obtenidos en los índices de abundancia de huevos y larvas de cada mes considerando el total de las estaciones en la zona “sur” y “norte” del área de estudio (Tabla 1), con lo cual se obtuvo las áreas de distribución y las variaciones temporales por especie.

2.5.4 Frecuencia acumulada temporal: A efectos de contar con una visión general de cuál es la evolución e intensidad temporal promedio de la reproducción de los peces, se realizó un análisis de la frecuencia acumulada de la densidad de huevos durante el período septiembre 2022- septiembre 2023. Para dicho cálculo se obtuvo inicialmente el valor promedio mensual de la densidad de huevos, posteriormente se lo estandarizó dividiendo al valor de cada densidad promedio mensual por la suma de las densidades totales, a las que se las consideró representativa del 100% para cada mes reproductivo. A partir de la información que se obtuvo, se calcularon los valores promedio de huevos acumulados para cada especie, que constituyen curvas que reflejan las diferencias en la dinámica temporal de la reproducción mensual.



$$FA = IA_{XR+XR1+XR2...} / \sum N$$

Donde:

IA=promedio de la densidad de huevos por cada especie por mes inicial

X_{R1} =sumatoria por especie por cada mes de estudio

N= número total de los datos

2.5.6 Composición del ictioplancton- relación componentes principales: Con el objeto de resumir la estructura de los datos de composición del ictioplancton de las estaciones muestreadas mensualmente, se realizó un análisis de correspondencias canónicas (ACC) a partir de una matriz de proporciones mensuales para cada una de las “especies” más frecuentemente registradas en las muestras (previa transformación $\log_{10}(x+1)$ debido a la naturaleza de los datos (la población planctónica no posee una distribución homogénea). El ACC, empleando el software PC-ORD (Multivariate Analysis of Ecological Data; Versión 6; McCune y Grace, 2002), considera la matriz principal a los datos de abundancia estandarizada por etapas ontogénicas y como matriz secundaria los datos ambientales (temperatura superficial, oxígeno disuelto, salinidad superficial, Cl-a y Volumen de zooplancton) normalizados de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

Donde:

X= Valor que se desea normalizar.

μ = Media aritmética.

σ = Desviación estándar.

Para encontrar la relación y validez entre ambos grupos de datos, el análisis aplicó combinaciones de relaciones lineales entre las variables independientes, de tal manera que a partir de múltiples variables independientes predice múltiples variables dependientes. Este resultado fue representado en una gráfica según los ejes de ordenación con los vectores de los parámetros ambientales, la longitud del vector indica la importancia relativa, y la separación entre el eje de ordenación y los vectores indican el grado de correlación. En este sentido, el ACC es el primer paso para identificar las posibles relaciones de las variables físicas con la presencia y/o abundancia de los huevos y larva de peces



3. RESULTADOS

3.1 Composición general del ictioplancton

Durante el periodo de estudio, se tomaron un total de 128 muestras, obteniendo un promedio de 99 292 huevos/10m² (\pm 90 533) y 23 972 larvas/10m² (\pm 12 053) de peces. Las muestras colectadas estuvieron dominadas en un 95% por huevos de las especies de pelágicos pequeños, representados por *Cetengraulis mysticetus* (58%), *Engraulis ringens* (17%), *Scomber japonicus* (13%), *Auxis* sp. (4%), *Opisthonema* spp. (2%) y *Etrumeus acuminatus* (1%), seguido de especies mesopelágicas como *Vinciguerria lucetia*, bentopelágica; *Prionotus stephanophrys* y *Chloroscombrus orqueta*, demersal *Paralichthys* sp y arrecifal *Synodus* sp., que constituyeron el 5% de la captura de huevos totales (Figura 2).

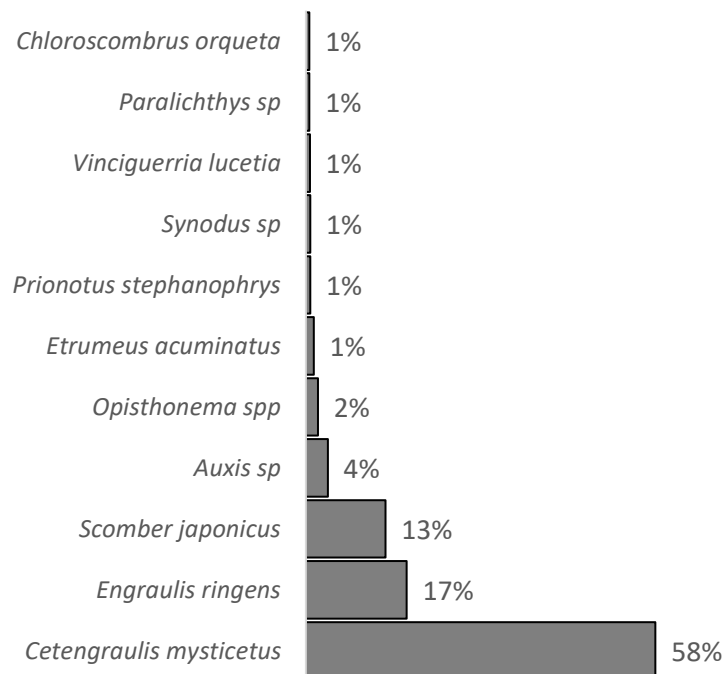


Figura 2. Composición porcentual de las especies de huevos de peces identificadas durante septiembre 2022 - 2023.

El 51% de la composición larvaria estuvo constituida principalmente por especies de pelágicos pequeños, donde el 39% del total analizado estuvo representada por chuhueco (*Cetengraulis mysticetus*), seguido en un 4% por pinchagua (*Opisthonema* spp.) y anchoveta (*Engraulis ringens*), y un 2% por macarela (*Scomber japonicus*) y botella (*Auxis* spp.).



El porcentaje restante estuvo conformado por larvas pelágicas costeras como *Bregmaceros bathymaster* (14%), mesopelágicas como *Diogenichthys laternatus* (10%) y *Vinciguerria lucetia* (7%), de origen bentopelágico como *Chloroscombrus orqueta* (1%), *Prionotus stephanophrys* (1%), *Larimus spp.* (1%) y *Serranus sp.* (1%), así como las de origen demersal como *Eucinostomus gracilis* (2%) y asociada a arrecifes como *Synodus lucioceps* (1%) y *Chromis sp* (1%), entre otras especies menores al 0,5% (Figura 3).

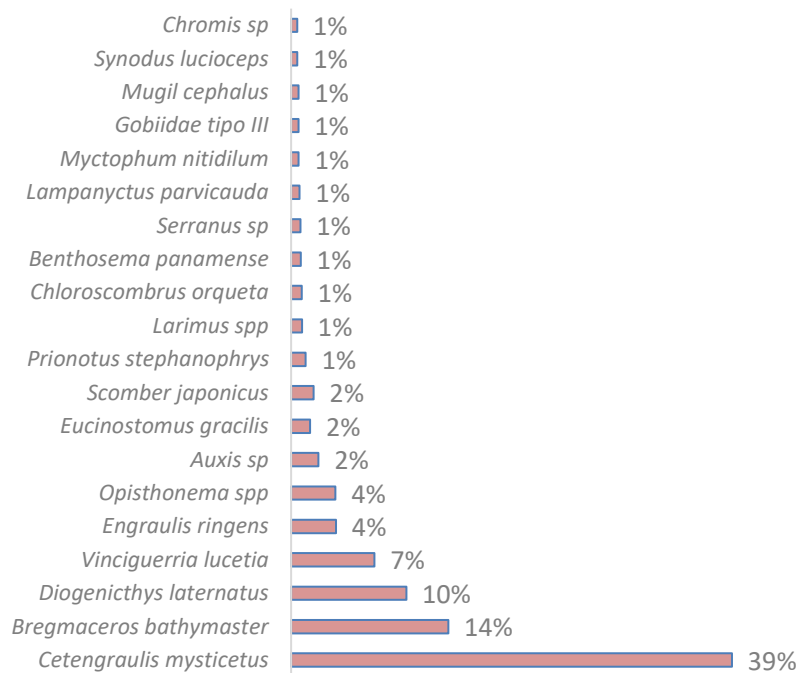


Figura 3. Composición porcentual de las especies de larvas de peces identificadas durante septiembre 2022 - 2023.

3.2 Índice de abundancia - Variación temporal: Épocas e intensidad de abundancia de huevos y larvas de especies pelágicos pequeños

3.2.1 *Scomber japonicus* (macarela)

La época reproductiva de macarela, considerando el índice de abundancia de huevos, durante el año 2022 registró un primer pulso reproductivo, de enero a marzo y un segundo pulso de mayor intensidad, durante octubre – noviembre. En 2023, durante enero a abril se observaron pulsos de menor densidad; a partir de agosto se registraron mayores densidades, el cual llegó a su máximo valor en septiembre. En cuanto a intensidad,



septiembre 2023 constituyó el registro más alto de la serie de estudio, el cual estuvo sobre la media e incluso fue superior comparado con 2022 (Figura 4).

En 2022, la abundancia larval mostró un patrón similar a lo observado en huevos, donde las mayores densidades se registraron entre enero a marzo. Para 2023, se siguió observando la misma tendencia, con máximas densidades en los primeros meses de estudio, sin embargo, se distinguió un notable incremento (superior al promedio y al registró del 2022) en sus niveles de abundancia durante marzo y abril (Figura 4).

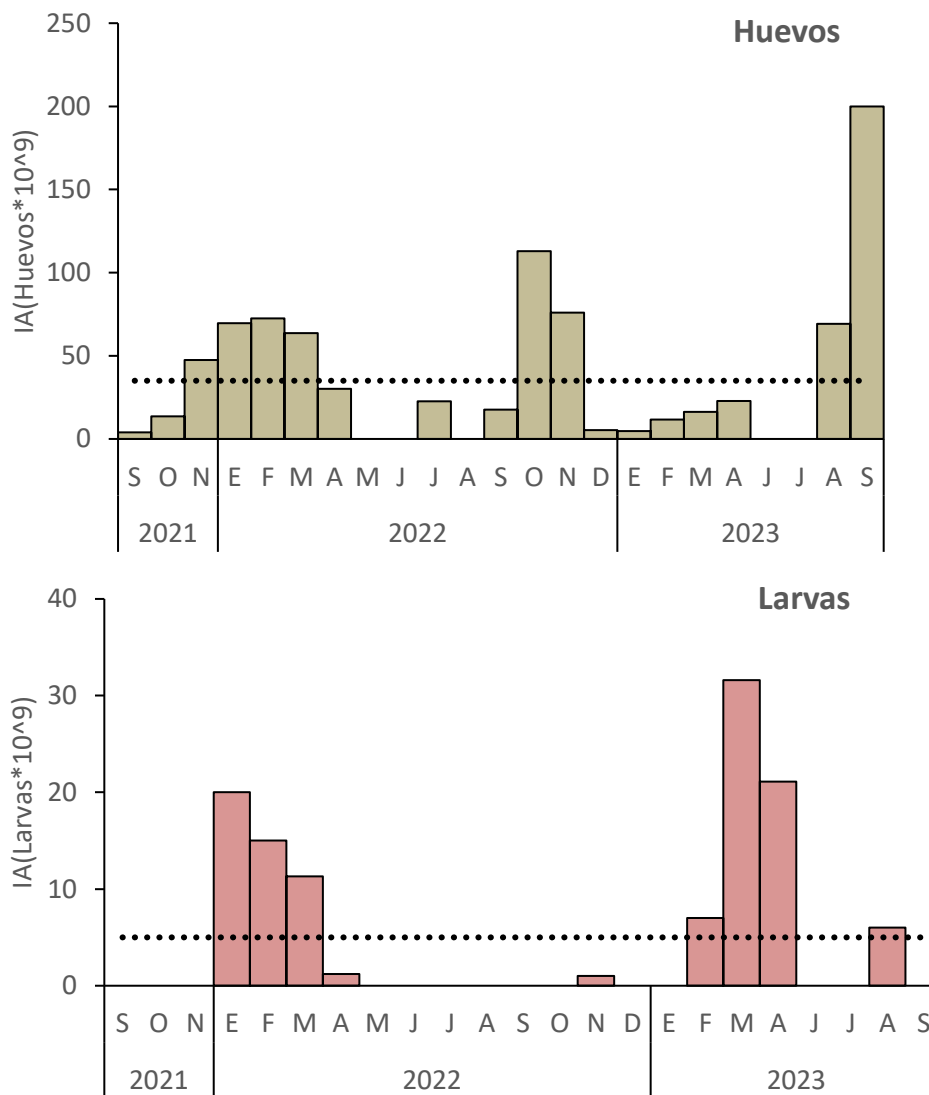


Figura 4. Variación temporal del desove de huevos y larvas de *S. japonicus* durante 2022 - 2023. Línea discontinua señala el promedio global.



3.2.2 *Auxis spp* (botella)

Durante 2022, considerando el índice de abundancia, registró un pulso intenso de desove, con altas densidades de huevos (valores sobre el promedio) durante enero y febrero, y un segundo pulso de menor intensidad, durante septiembre – diciembre. En 2023, la temporada de desove exhibió la misma tendencia, con alzas importantes durante enero a marzo, concordantes con el pulso primario de desove y durante septiembre, con un segundo pulso de reproducción (Figura 5). Las etapas larvales mostraron una tendencia cercana a lo observado en los pulsos reproductivos, con densidades significativas entre enero a abril y de julio a octubre en el 2022 y 2023. Especialmente en marzo 2023, se observó un aumento significativo de la abundancia larval, con valores sobre el promedio y superior a lo registrado en marzo 2022 (Figura 5).

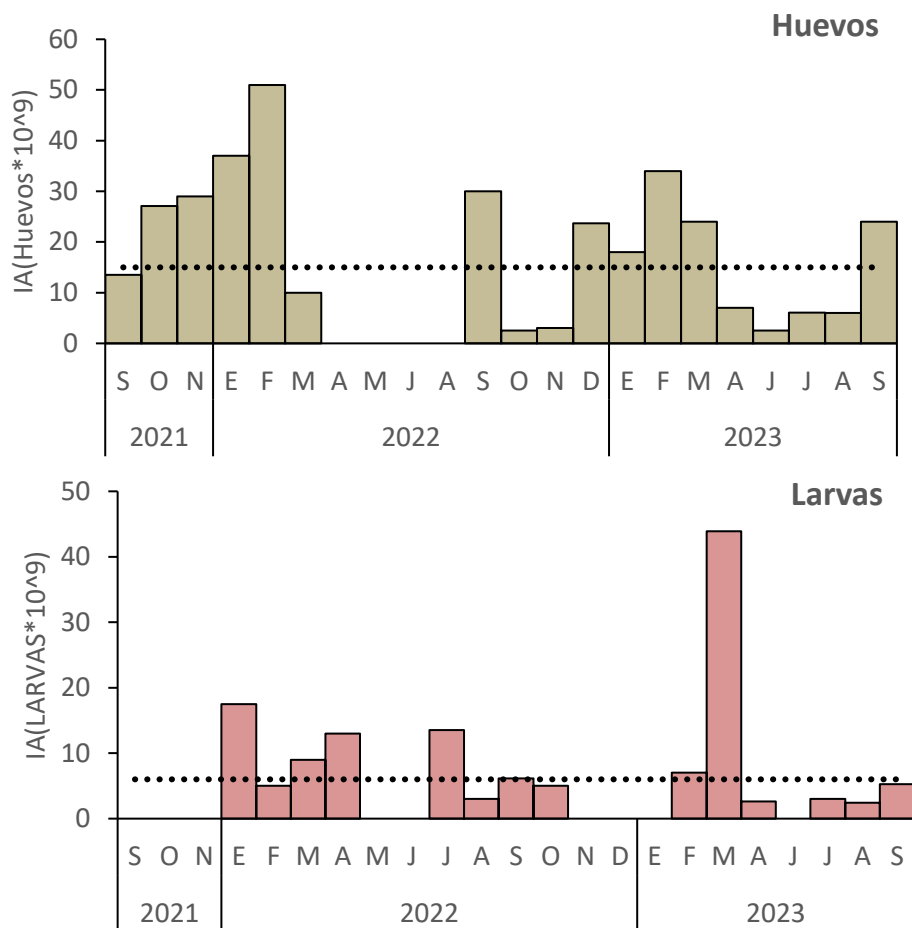


Figura 5. Variación temporal del desove de huevos y larvas de *Auxis spp.* durante 2022 - 2023. Línea discontinua señala el promedio global.



3.2.3 *Cetengraulis mysticetus* (chuhueco)

La época reproductiva de chuhueco, considerando el índice de abundancia de huevos, registró en el 2022, el inicio de actividad de desove entre enero a marzo y un segundo pulso de desove, de mayor intensidad (valores sobre el promedio) durante junio y julio, sin embargo, este fue superado por el observado en diciembre, el cual constituyó el registro más alto de la serie de estudio. Para el 2023, el desove fue débil, exhibiendo en todos los meses de estudio densidades menores al promedio (Figura 6).

Aproximadamente durante todos los meses de estudio del 2022 y 2023, se registró la presencia de larvas de chuhueco. En 2022, las máximas densidades larvales (valores sobre la media) se registraron en abril, septiembre y diciembre. En 2023, las densidades registradas fueron menores comparadas al 2022, sin embargo, en abril se observó la presencia significativa de larvas (Figura 6).

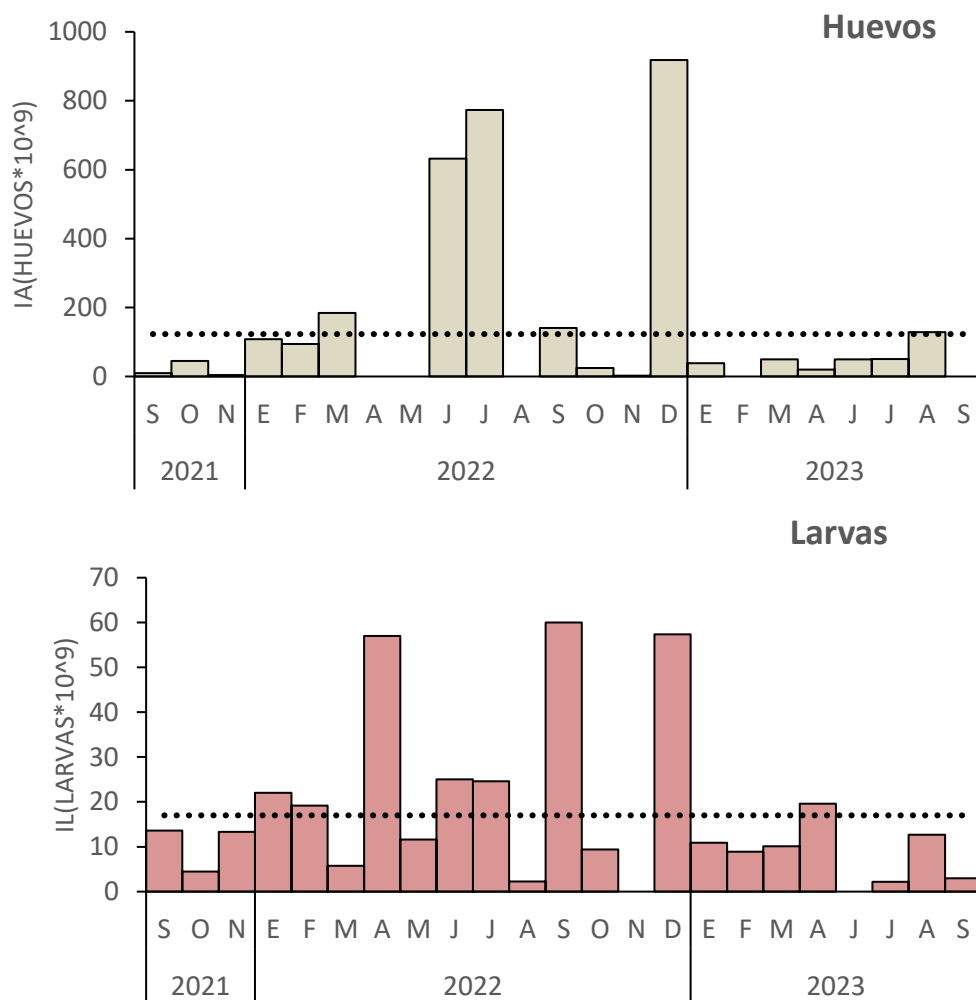


Figura 6. Variación temporal del desove de huevos y larvas de *C. mysticetus* durante 2022 - 2023. Línea discontinua señala el promedio global.



3.2.4 *Opisthonema* spp. (pinchagua)

La época reproductiva de pinchagua, considerando el índice de abundancia de huevos, registró un intenso desove entre enero a marzo, llegando a su pick de máximo desove efectivo en marzo 2022. Para 2023, el desove fue notablemente bajo, con densidades significativas en abril y agosto, pero menores al promedio, esto probablemente asociado a las estrategias reproductivas del adulto, los cuales desovan en zonas más cercanas a la costa (Figura 7). Durante enero a septiembre 2022, se registró la presencia significativa de larvas de pinchagua, con densidades no superiores a $20 \text{ larvas} \cdot 10^9$. En 2023, se registraron densidades superiores al 2022, con máximos valores durante enero y abril (Figura 7).

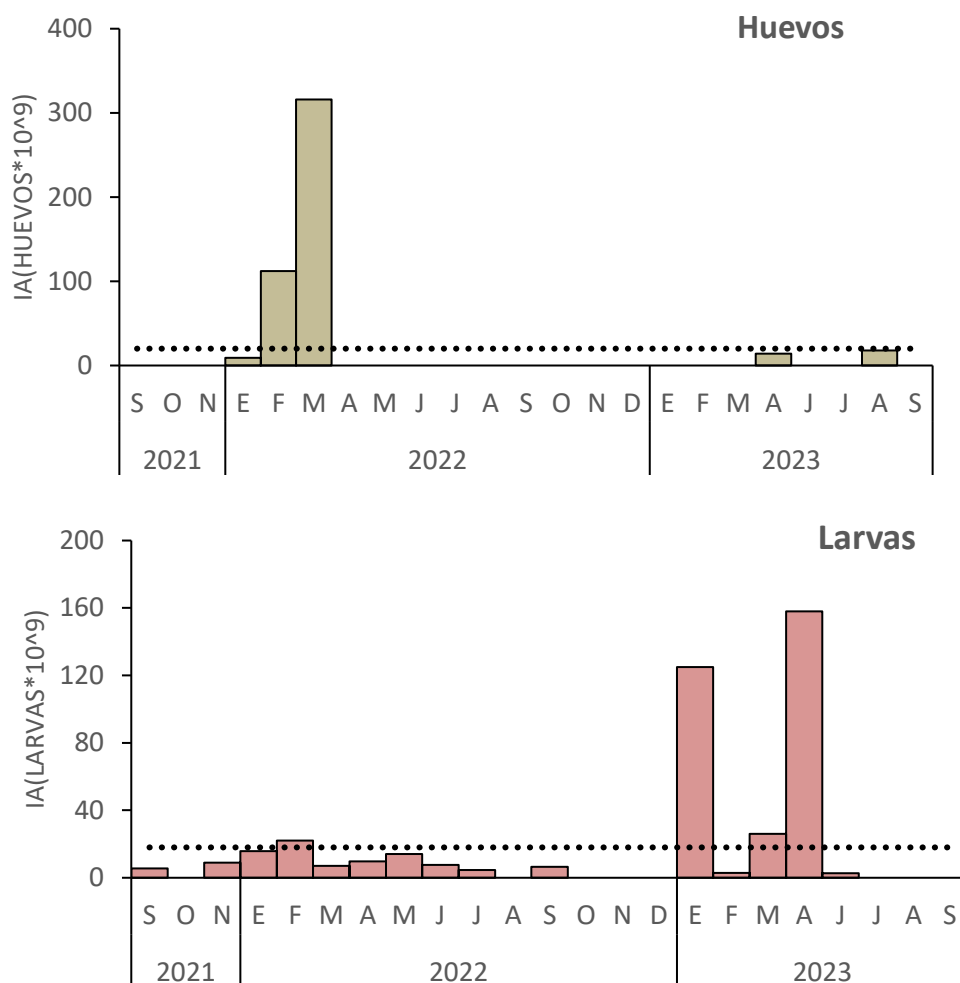


Figura 7. Variación temporal del desove de huevos y larvas de *Opisthonema* spp. durante 2022 - 2023. Línea discontinua señala el promedio global.



3.2.5 *Etrumeus acuminatus* (sardina redonda)

La época reproductiva de sardina redonda, considerando el índice de abundancia de huevos, registró en el 2022 un periodo de desove entre enero a abril, con máximas concentraciones en enero; en los meses siguientes se observaron desoves débiles, principalmente entre julio a octubre. Para el 2023, el desove fue más intenso comparado con lo observado en 2022, siendo marzo y septiembre donde se registró las máximas concentraciones, especialmente en septiembre donde los valores fueron superiores en un 50% de la serie temporal analizada (Figura 8).

Para el caso de las larvas durante 2022, se registró la presencia significativa de larvas sardina redonda, con máximas densidades en enero, febrero y mayo. En 2023, no se registraron densidades larvales de la especie (Figura 8).

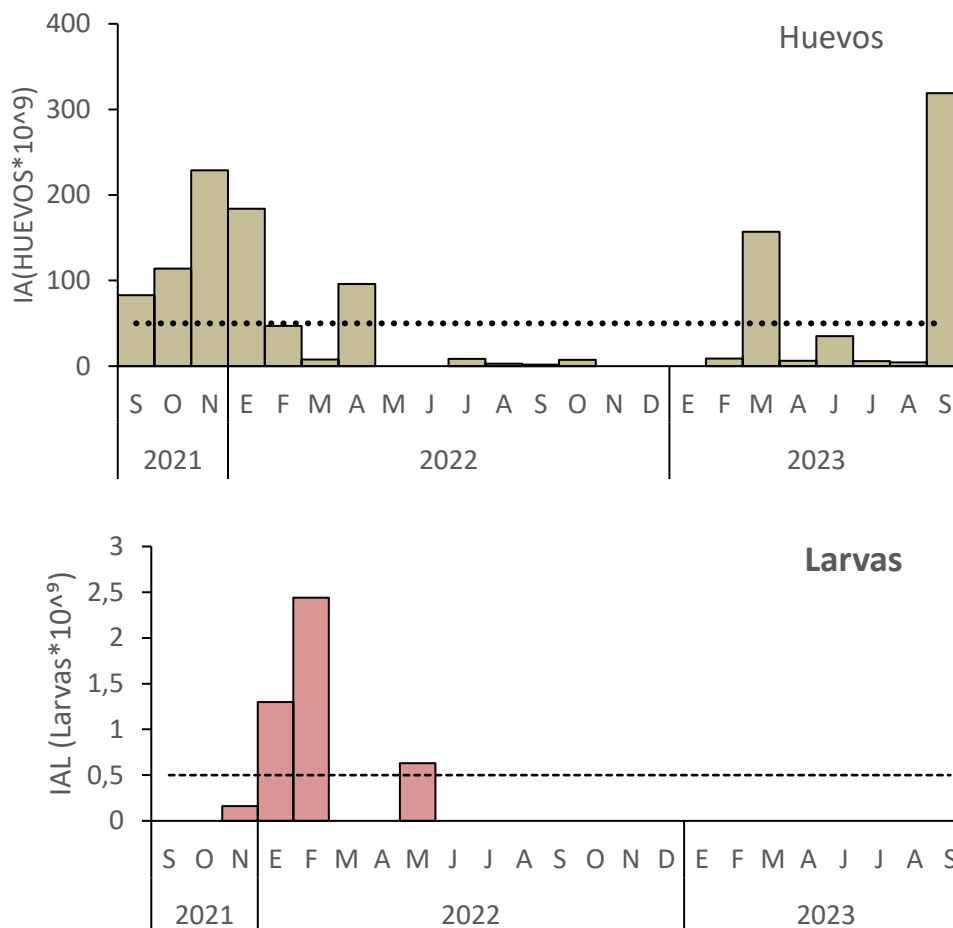


Figura 8. Variación temporal del desove de huevos y larvas de *E. acuminatus* durante septiembre 2022 a septiembre 2023. Línea discontinua señala el promedio global.

3.3 Variación espacial: áreas de abundancia del desove y crianza larval de pelágicos pequeños

3.3.1 *Scomber japonicus* (macarela)

Las áreas de abundancia y distribución del desove de macarela, en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, mostraron las máximas concentraciones de huevos en la zona sur, frente a las estaciones de Engabao (2022) y Puntilla de Santa Elena (2023). En la zona norte, se observaron núcleos de menor abundancia, ubicados principalmente frente a Salango y Puerto López (Figura 9).

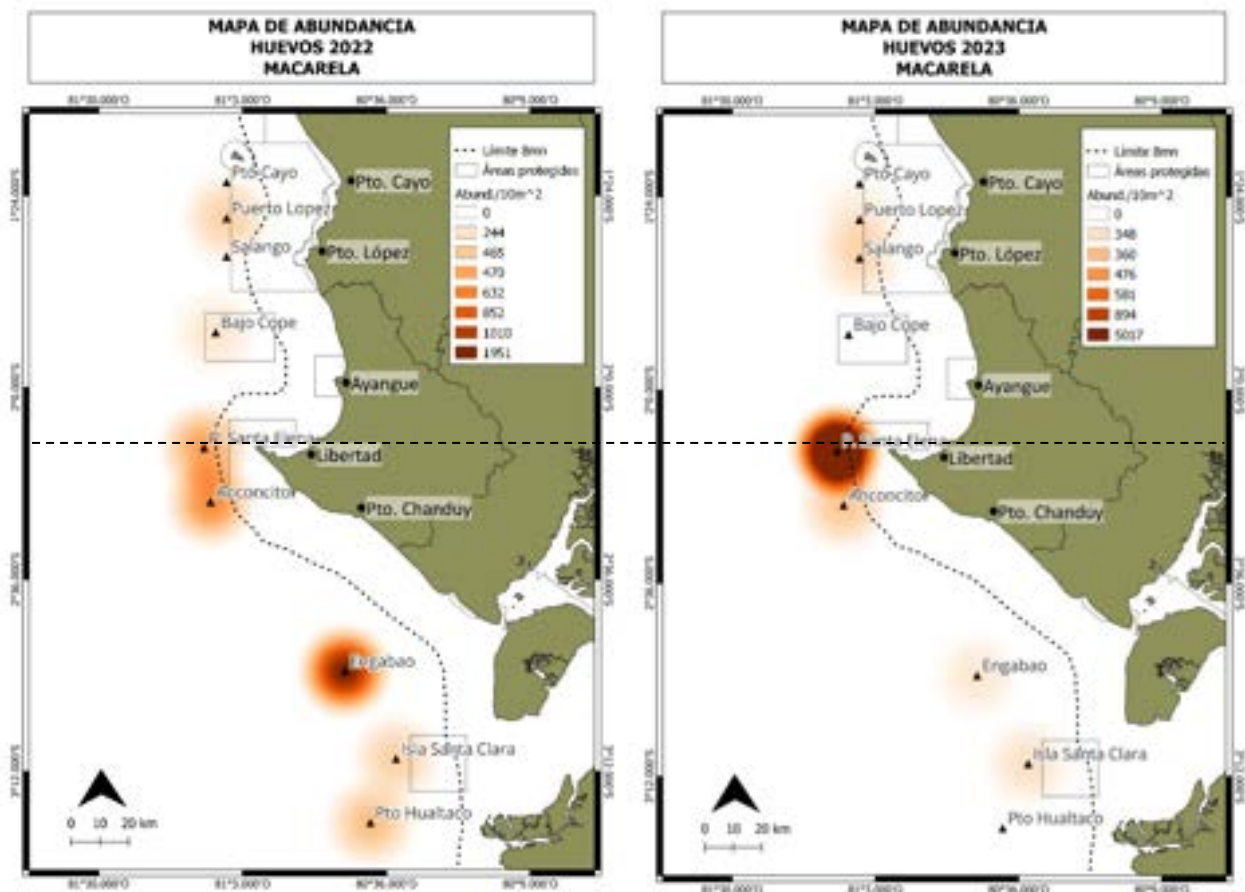


Figura 9. Áreas de concentración del desove de *S. japonicus* durante 2022 a 2023.



Las áreas de crianza y/o alimentación (Figura 10), en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, estuvieron delimitadas en la zona sur frente a las estaciones de Engabao (2022, Puntilla de Santa Elena (2022) y Anconcito (2023). En la zona norte, se observaron núcleos de menor abundancia, ubicados principalmente frente a Bajo Cope (2022) y Puerto López (2023).

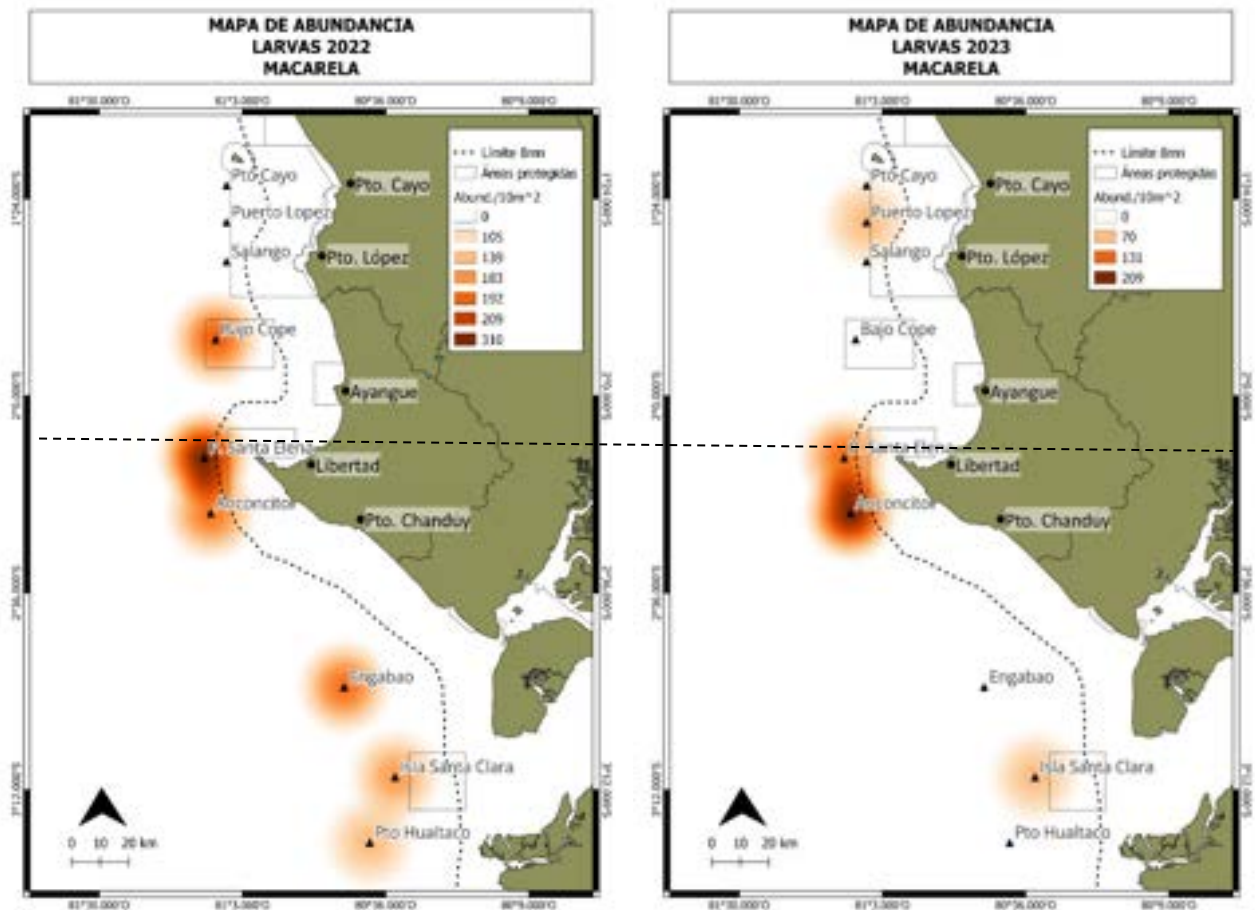


Figura 10. Áreas de crianza larval de *S. japonicus* durante 2022 a 2023.

3.3.2 *Auxis spp* (botella)

Las áreas de abundancia y distribución del desove de botella, en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, distinguió que los adultos concurren hacia las dos regiones de estudio para iniciar su actividad reproductiva. En la zona sur, las estaciones frente a Engabao (2022) y Anconcito (2023) registraron las máximas concentraciones del desove.

Zonas de abundancia y distribución de huevos y larvas de especies
pelágicas pequeñas en la costa ecuatoriana 2022-2023 | 17



En la zona norte, los núcleos de mayor abundancia se registraron principalmente a Puerto López (2022 – 2023) y núcleos de menor densidad en Bajo Cope (2022) y Pto Cayo (2023) (Figura 11).

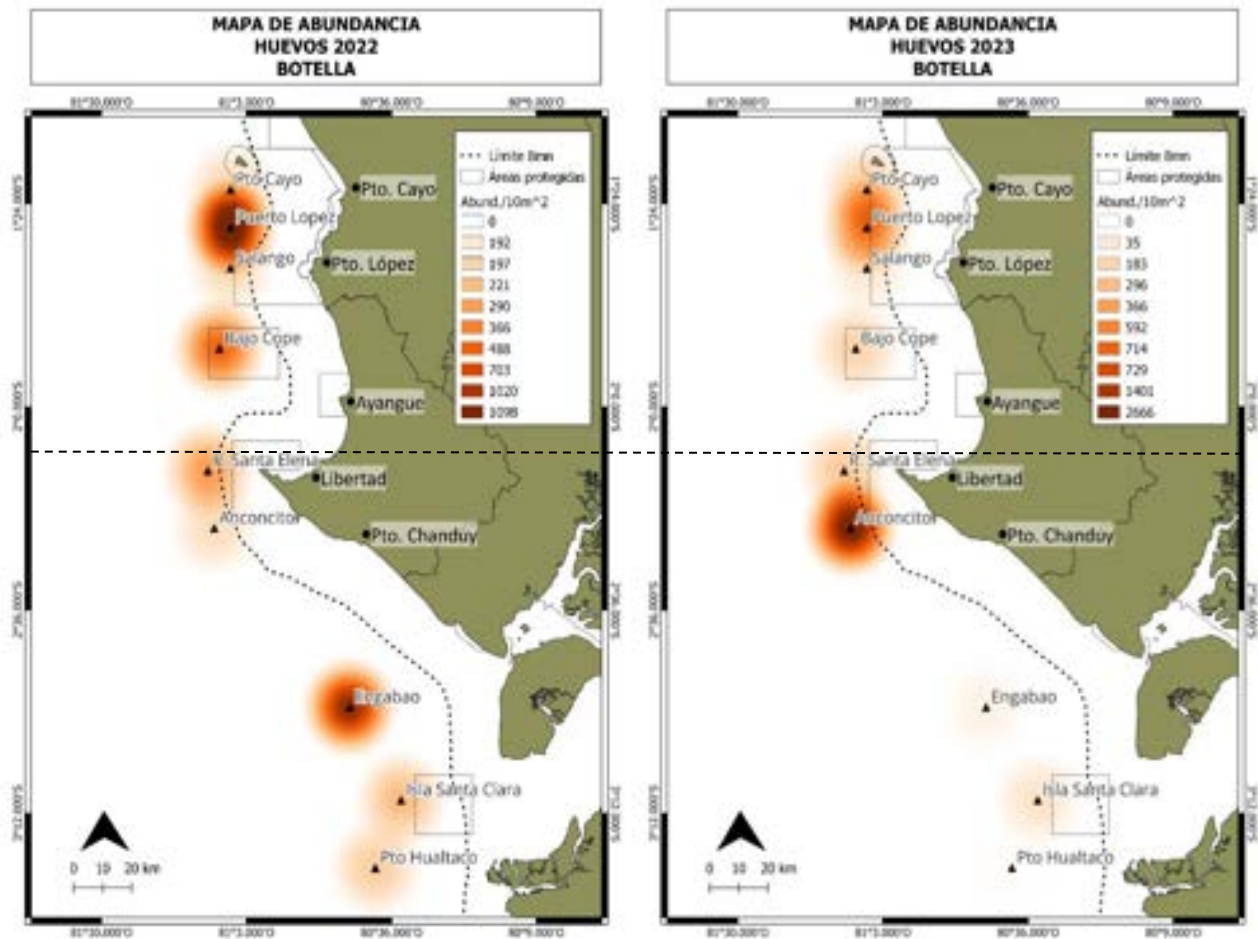


Figura 12. Áreas de concentración de huevos de *Auxis* spp. durante 2022 a 2023.

Las áreas de crianza y/o alimentación (Figura 13), en términos de la densidad promedio larval por estaciones positivas, estuvieron delimitadas en la zona sur, frente a las estaciones de Engabao, Anconcito y Puntilla de Santa Elena (2022) y en la zona norte, los núcleos de mayor densidad se localizaron frente a la estación de Bajo Cope (2023).



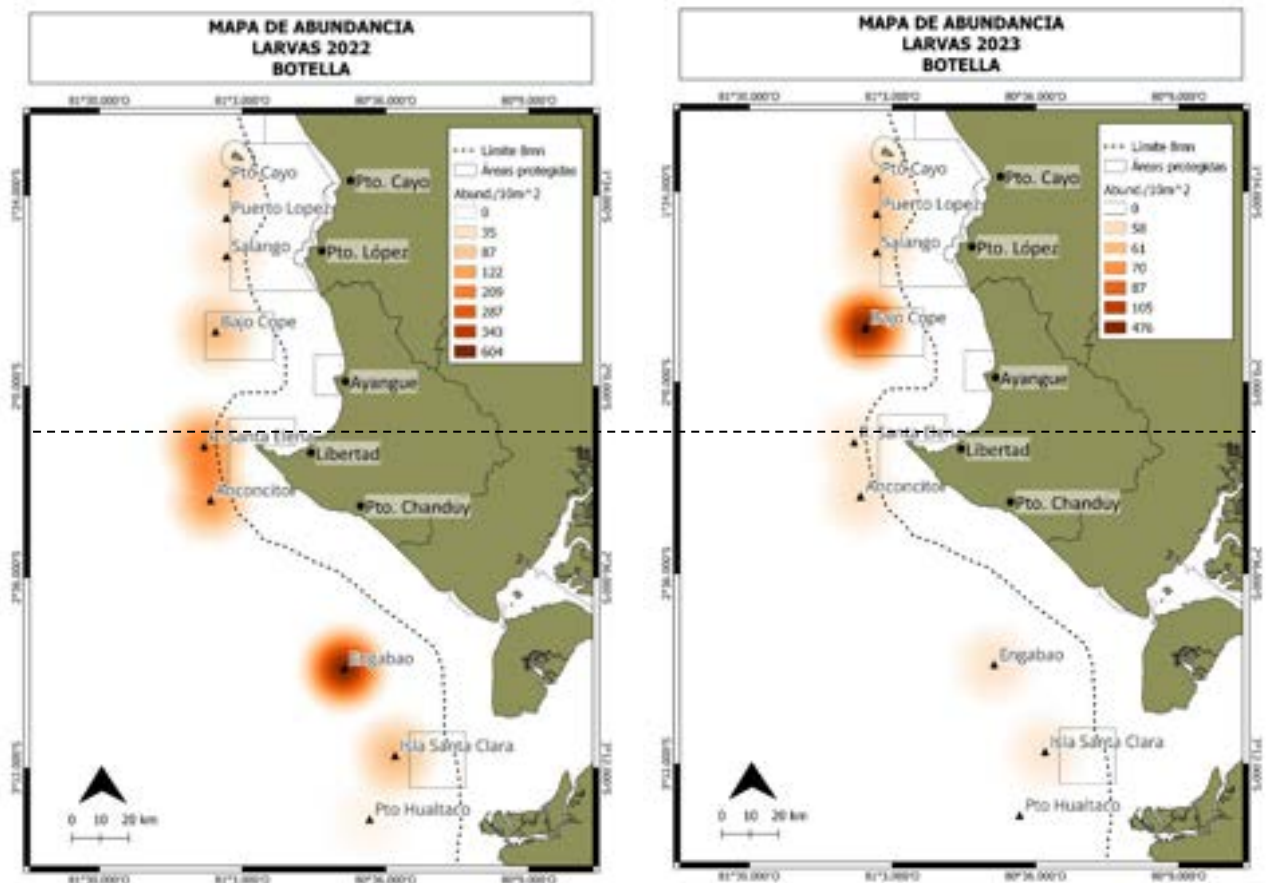


Figura 13. Áreas de crianza larval de *Auxis* spp. durante 2022 a 2023.

3.3.3 *Cetengraulis mysticetus* (chuhueco)

Las áreas de concentración y distribución del desove de chuhueco, en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, estuvieron localizadas durante el 2022 en la zona sur frente a Engabao, la cual registró la máxima concentración del desove, y en la Puntilla de Santa Elena; y en la zona norte frente a Salango. En el 2023, la mayor abundancia del desove se distinguió principalmente en la zona norte, frente a Salango y en menor densidad en las localidades de Bajo Cope y Puerto López (Figura 14).

Zonas de abundancia y distribución de huevos y larvas de especies



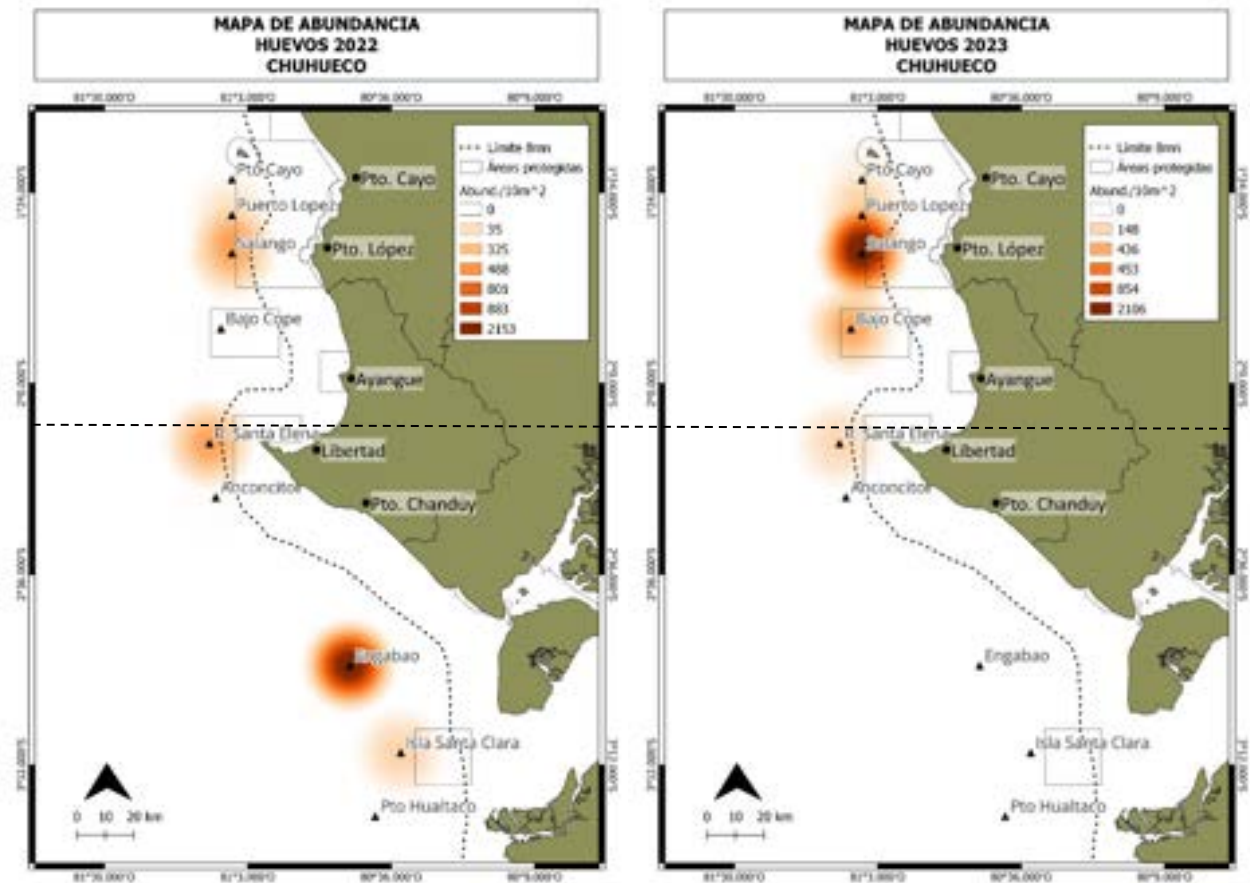


Figura 14. Áreas de concentración de huevos de *C. mysticetus*. durante 2022 a 2023.

Las áreas de crianza y alimentación, basado en las densidades larvales promedio por estaciones positivas, estuvieron delimitadas durante 2022 en la zona sur, en las localidades de Engabao, la cual registro el mayor número de larvas, y en menor concentración frente a la Punta de Santa Elena. Para el 2023, se observaron núcleos de menor densidad en la zona sur, frente a Punta de Santa Elena y Anconcito, y en la zona norte, mayores concentraciones en las estaciones de Bajo Cope y Puerto López, (Figura 15).



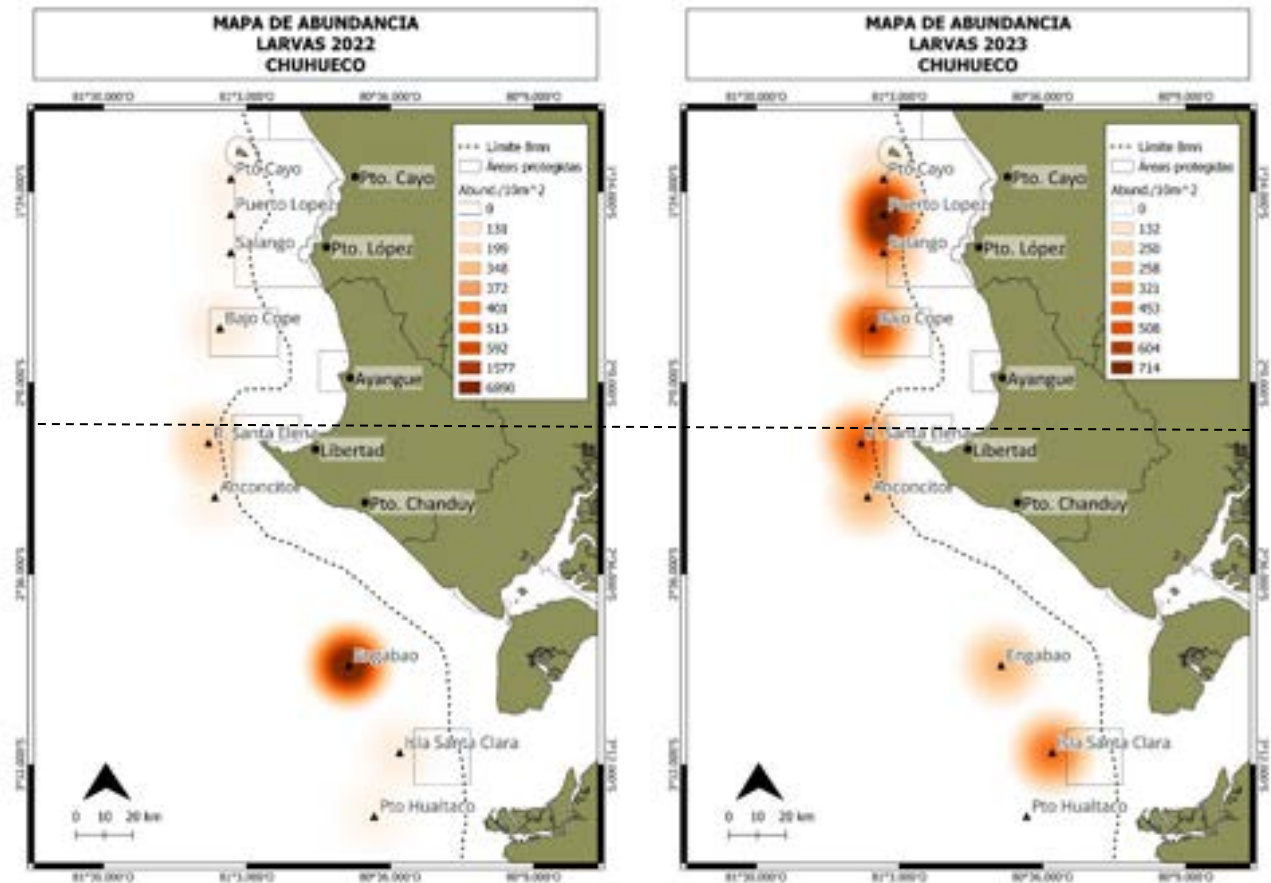


Figura 15. Áreas de crianza larval de *C. mysticetus*. durante 2022 a 2023.

3.3.4 *Opisthonema* spp. (pinchagua)

Las áreas de concentración y distribución del desove de pinchagua, en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, estuvieron localizadas durante el 2022 en la zona sur frente a Puerto Hualtaco, la cual registró la máxima concentración del desove; y en la zona norte frente a Salango. En el 2023, la mayor abundancia del desove se distinguió principalmente en la zona norte, en la estación frente a Salango (Figura 16).



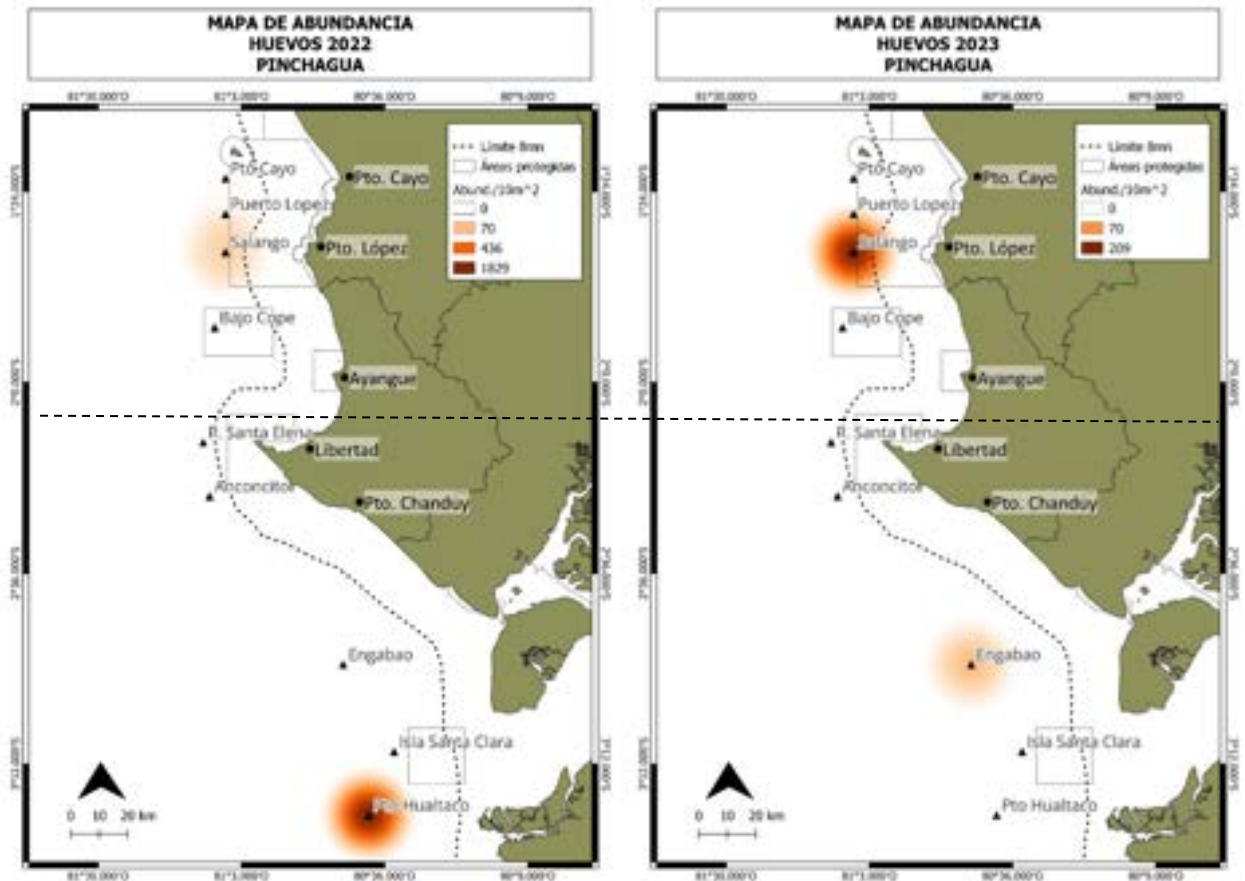


Figura 16. Áreas de concentración de huevos de *Opisthonema* spp durante 2022 a 2023.

Las áreas de crianza y alimentación, basado en las densidades larvales promedio por estaciones positivas, estuvieron delimitadas durante 2022 en la zona sur, siendo en las localidades de Pto. Hualtaco y Engabao donde se registraron las mayores densidades larvales, mientras que, en la zona norte, se localizaron principalmente en las estaciones de Bajo Cope y Salango. En 2023, se observaron núcleos de mediana densidad, ubicadas preferencialmente frente a Engabao, en la zona sur, y en Bajo Cope y Puerto López, en la zona norte (Figura 17).



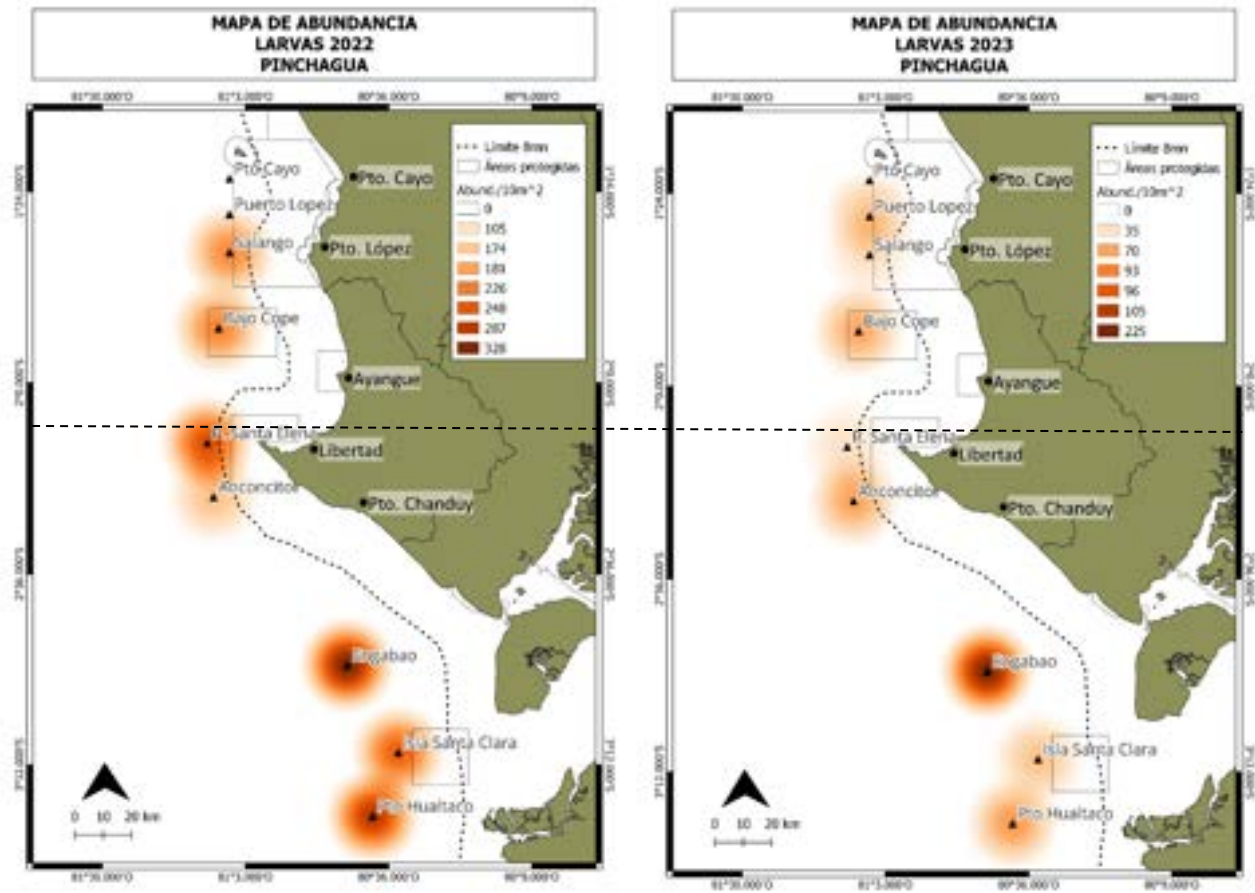


Figura 17. Áreas de crianza larval de *Opisthonema* spp durante 2022 a 2023.

3.3.5 *Etrumeus acuminatus* (sardina redonda)

Las áreas de concentración y distribución del desove de sardina redonda, en términos de la densidad promedio por estaciones positivas, estuvieron localizadas durante el 2022 en la zona sur, presentando máximas concentración del desove frente a Engabao y Pta de Santa Elena; y en la zona norte frente a Salango y Puerto López. En el 2023, la mayor abundancia del desove se distinguió principalmente en la zona norte, en la estación frente a Salango y en Pto López (Figura 18).

Zonas de abundancia y distribución de huevos y larvas de especies



Las áreas de crianza larval de sardina redonda, durante el presente periodo de estudio (septiembre 2022 – 2023) no pudieron ser definidas, dado que no se observó la presencia de larvas de la especie.

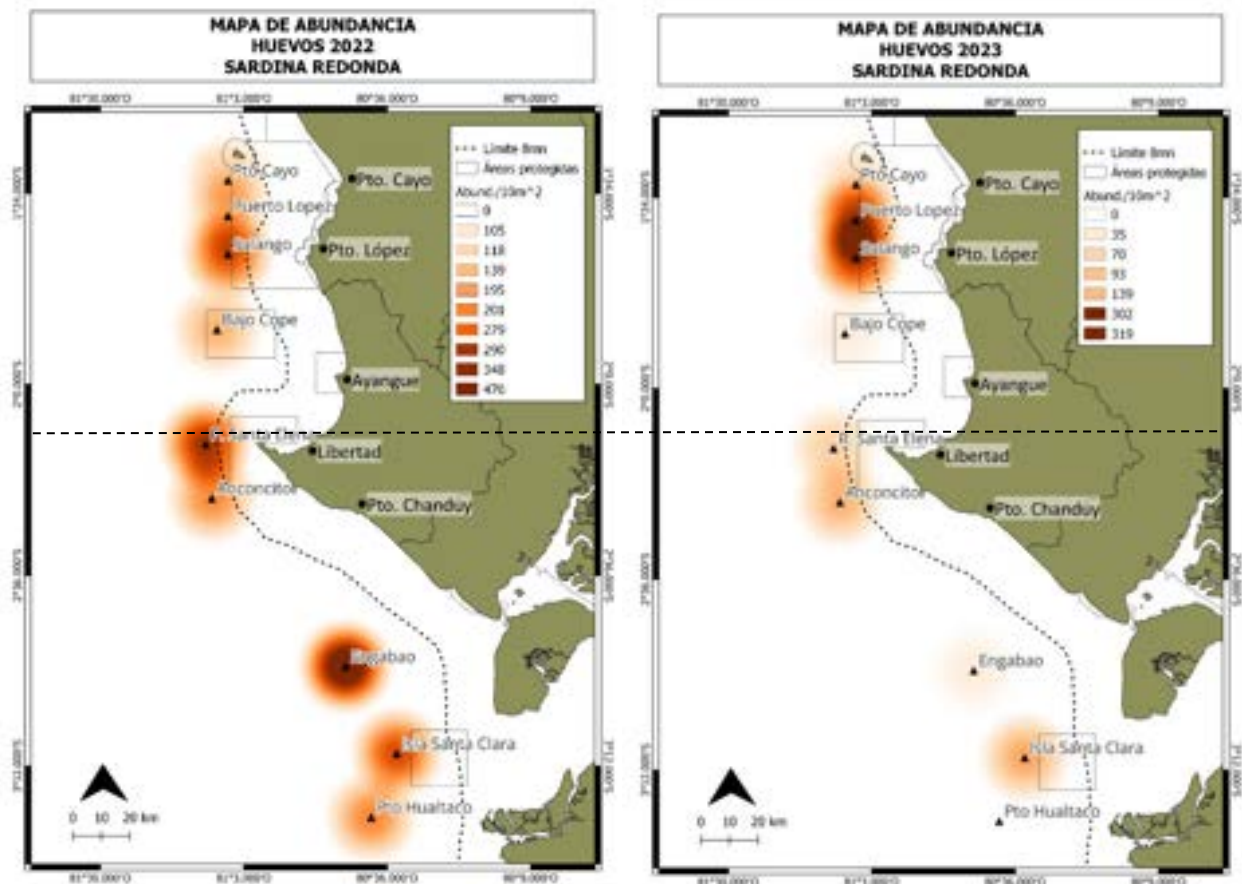


Figura 18. Áreas de concentración de huevos de *E. acuminatus*. durante 2022 a 2023.

3.4 Abundancia acumulada de huevos de peces

La variación temporal de la abundancia acumulada de huevos de pelágicos pequeños durante septiembre 2022 - 2023 se consignan en la figura 14. Tomando en cuenta que el 75% de la frecuencia de huevos, se considera como un parámetro para determinar la época de máximo desove.

Se pudo observar que las especies como *Auxis* spp. y *Cetengraulis mysticetus* alcanzaron en “promedio” el máximo aporte reproductivo durante febrero; para *Opisthonema* spp., este punto de referencia temporal tiende a alcanzarse en noviembre. Particularmente para

Zonas de abundancia y distribución de huevos y larvas de especies



Scomber japonicus y *Etrumeus acuminatus*, se observa que, a partir de marzo un porcentaje de adultos alcanzaron a desovar efectivamente, sin embargo, las cantidades son menores, con lo cual no se logra identificar detalladamente un periodo intenso de reproducción, no obstante, se consigue reconocer que al menos entre marzo a septiembre, aproximadamente el 40% de los adultos lograron desovar.

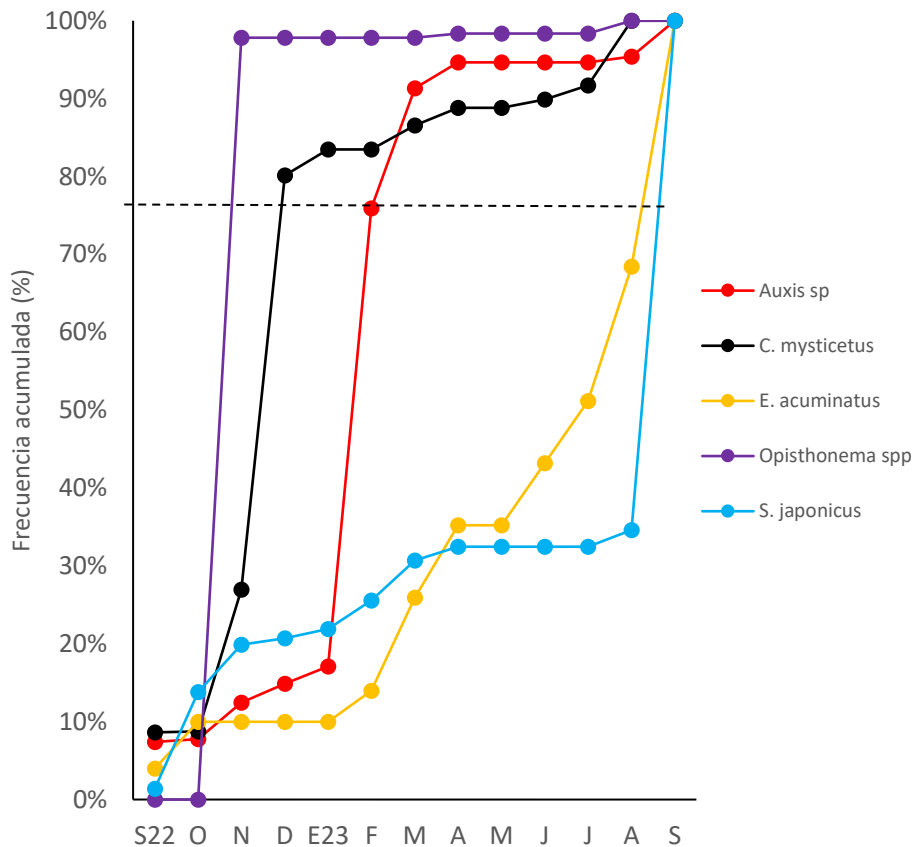


Figura 19. Frecuencia acumulada de huevos de peces durante septiembre 2022 a septiembre 2023. La línea punteada señala el parámetro del 75%.

3.5 Composición del ictioplancton- relación componentes principales

El análisis de correspondencia canónica explicó el 58,7 % de la varianza acumulada en los dos ejes principales (Tabla 2).

El eje 1, explicó el 38,8 % de la varianza acumulada, el cual exhibió correlación positiva con la disponibilidad de alimento, la clorofila-a ($r=0.66$) y negativa con la salinidad superficial ($r=-0.92$). Mientras que el eje 2, explicó el 20% de la variabilidad, presentando una correlación negativa con la Profundidad de la capa de mezcla ($r=-0,88$) y una relación positiva con la temperatura superficial del mar ($r= 0.71$).



Tabla 2. Eigenvalores (valores propios) y varianza explicada (%) del análisis canónico de correspondencia para el periodo septiembre 2022 a septiembre 2023.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalor	0.84	0.43	0.21
Varianza explicada (%)	38.8	19.9	10.1
Varianza acumulada explicada	38.8	58.7	68.4
Correlación de Pearson	0.98	0.98	0.82
Correlación de Kendall	0.63	0.57	0.39

Tabla 3. Valores de correlación con las variables ambientales del análisis de correspondencia canónica durante septiembre 2022 a septiembre 2023.

Variables	Correlaciones		
	Eje 1	Eje 2	Eje3
TSM	-0.42	0.71	-0.33
SSM	-0.92	0.16	-0.03
PCM	-0.18	-0.83	0.24
CL-a	0.66	-0.33	0.32
VZ	-0.08	0.04	0.72

El diagrama de dispersión (Figura 20) muestra que los huevos, producto de la actividad reproductiva de los adultos de las especies *S. japonicus* (macarela), *E. acuminatus* (sardina redonda), *Opisthonema* spp. (pinchagua) y *C. mysticetus* (chuhueco) estuvieron asociadas con los parámetros físicos, principalmente con la SSM, y la disponibilidad de alimento, lo que refleja que el evento del desove ocurrió durante un promedio de salinidad de 33 a 34 UPS, temperaturas entre 23,0 °C a 25,1°C y concentración de Cl-a de 0,5 a 0,8 mg/m². Las larvas jóvenes (preflexión) y de desarrollo avanzado (flexión y postflexión) de las especies pelágicas y en particular los huevos *Auxis* spp. (botella), presentaron correlaciones con la TSM y la Capa de mezcla, lo que nos sugiere que a una temperatura entre 26,1 a 27,1 °C y una Profundidad menor de la CM fue fundamental para el desove, el desarrollo y supervivencia larval de estas especies.



Tabla 4. Rangos de TSM, SSM y CI-a que se correlacionaron con la abundancia de las etapas tempranas de las especies de pelágicos pequeños durante septiembre 2022 a septiembre 2023.

Especies	Rangos parámetros ambientales		
	TSM (°C)	SSM (UPS)	CI-a (mg/ml3)
<i>S. japonicus</i>	24° - 26°	32 - 33	0,5 - 0,7
<i>Auxis</i> spp.	25° - 27°	32 - 34	0,8 - 1,2
<i>C. mysticetus</i>	23° - 25°	32 - 33	0,7 - 1,2
<i>Opisthonema</i> spp.	23° - 25°	32 - 33	0,7 - 1,2
<i>E. acuminatus</i>	25° - 26°	33 - 34	0,5 - 0,8

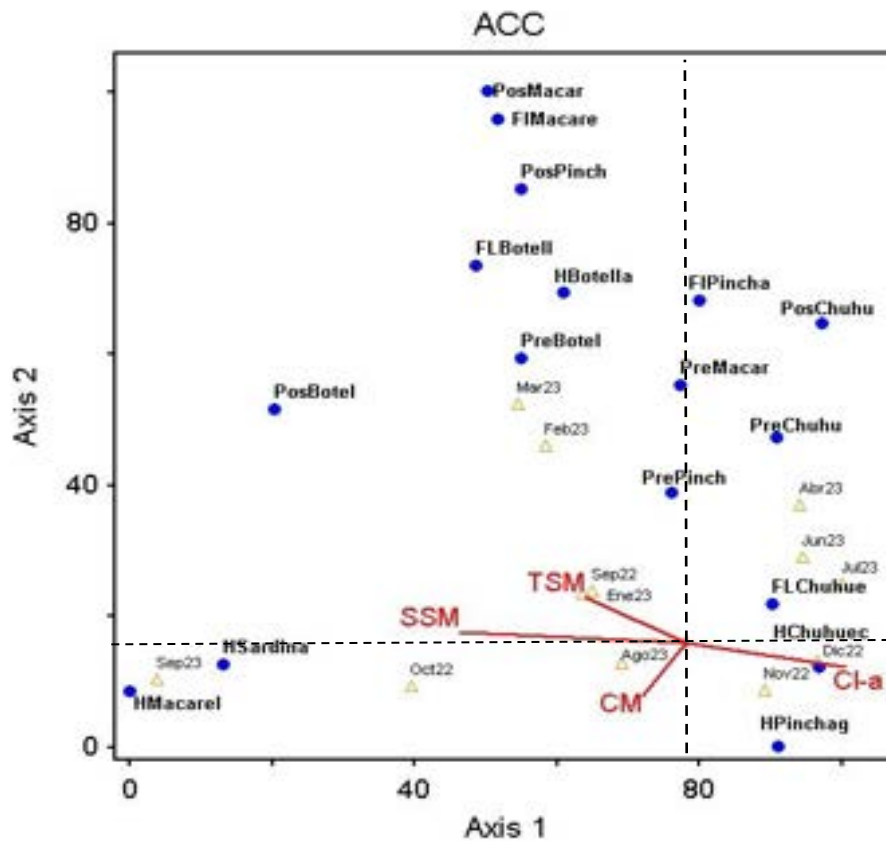


Figura 20. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de datos de abundancia de huevos (Hu) y los estados larvales: preflexión (Pre), flexión (Flex) y Postflexión (Pos) de *Cetengraulis mysticetus* (Chuhueco), *Opisthonema* spp. (Pinchagua), *Scomber*



japonicus (Macarela) y *Auxis* spp. (Botella) recolectadas durante septiembre 2022 a septiembre 2023.

4. DISCUSIÓN

Durante el periodo de estudio de este trabajo, se colectó un promedio total de 99 292 huevos/10m² y 23 972 larvas/10m² de peces, el cual fue superior al recolectado durante septiembre 2021 – 2022 (Ayora et al, 2022). Estas variaciones en las densidades registradas, estuvieron asociadas a una mayor cobertura mensual y de estaciones, lo cual puede ser un factor que explique las diferencias observadas. De igual manera, esto se podría atribuir a los cambios en las condiciones ambientales, debido a que este periodo estuvo ante un posible evento de “El Niño”. Aceves- Medina et al. (2004) menciona que los cambios en la composición y abundancia de las especies están relacionados a los cambios en el ambiente y que la variable que tiene mayor influencia es la temperatura.

Dentro de la composición general, se identificó la presencia de especies recurrentes, de hábitat pelágico costero, mesopelágico, bentopelágico, demersal y de arrecifes; lo que sugeriría que la zona de estudio en la plataforma continental ecuatoriana, continúa siendo un hábitat favorable para distintos tipos de especies, los cuales necesitan diferentes condiciones físicas y biológicas para su reproducción y posterior supervivencia de su prole (Valencia-Gastii et al., 2015).

En el área estudio, las especies de hábitat pelágico como *Auxis* spp., *Scomber japonicus*, *Cetengraulis mysticetus*, *Opisthonema* spp.; las especies de hábitat bentopelágico como *Prionotus stephanophrys*, demersal con *Eucinostomus gracilies* y mesopelágico como *Diogenichthys laternatus* y *Vinciguerria lucetia*, fueron las que dominaron en la fauna ictioplantónica durante el periodo de estudio. Las especies dominantes son clave para el entendimiento de la ecología del sistema, ya que, adoptan diversas estrategias biológicas a las que deben su éxito en el uso de los hábitats (Tapia et al., 1988).

Los pelágicos pequeños a través de su historia evolutiva han desarrollado diferentes estrategias de reproducción, lo que permite acoplarse a las variaciones estacionales y anuales de las condiciones del hábitat pelágico (Blaxter y Hunter, 1982). Los datos obtenidos sobre la abundancia acumulada y variación mensual en la intensidad del desove de pelágicos pequeños mostraron que el desove de las especies como *Auxis* spp., *Opisthonema* spp. y *Cetengraulis mysticetus*, presentaron un patrón regular, con ocurrencias entre noviembre a marzo, con máximos entre enero a febrero, resultados similares a lo reportado en el periodo anterior por Ayora et al., (2022), y en otros estudios por Jurado et al., (2016); INP (2020); Prado (2009); Gilbert y Villegas (2016); Romero et al. (2018), pudiéndose generalizar que al menos durante este año de seguimiento, la



estación de desove de estas especies de pelágicos pequeños siguen ocurriendo durante la época húmeda.

No obstante, para *Scomber japonicus* y *Etrumeus acuminatus*, este patrón de mayor intensidad del desove se vio modificado, donde la actividad de desove no llegó a ser la esperada. Esto puede estar asociado, a los valores de TSM que se observaron durante los primeros meses del 2023, donde se registró un aumento sostenido de la temperatura, con valores promedios entre 26,01 °C a 28,9 °C (Figura 21), siendo estas condiciones ambientales un reflejo del calentamiento, atribuidas a un posible evento de “El Niño”, las cuales se presentaron durante este periodo de estudio. Estas anomalías al parecer altero notablemente los meses de mayor actividad reproductiva de estas especies, dado que la temperatura, como factor determinante que regula los procesos reproductivos, fue más cálida a los intervalos óptimos (entre 24 - 26 °C para *S. japonicus*; y 24 – 27 °C para *E. acuminatus*) y/o tolerancia de las especies, lo que reflejo un desove de menor intensidad a lo esperado. No obstante, la producción total de huevos de un stock puede variar debido a cambios en los parámetros reproductivos, tales como talla o edad de maduración o fecundación por talla a la edad, los cuales están asociados a factores denso-dependientes. El tamaño, la edad de la hembra y su condición afectan considerablemente a la viabilidad de la descendencia, los cuales producen menor números de huevos, provocando variaciones interanuales en la reproducción (Trippel et al. 1997).

Iles & Sinclair (1982) mencionan que las “áreas de concentración” serían los lugares donde se minimiza la mortalidad denso dependiente de las larvas y para los adultos, los adecuados para realizar su freza, lugares que poseen generalmente una acción de retención asociada a las corrientes marinas favorables con giro concentrador o que arrastren huevas y larvas hacia la costa. Durante el periodo de estudio, las áreas de concentración de los desoves estuvieron ubicadas en Isla Santa Clara, Engabao y Puntilla de Santa Elena, y las zonas de crianza larval en Bajo Cope, Puntilla de Santa Elena, Anconcito y Engabao, patrón de distribución similar a lo reportado en el periodo de estudio anterior (Ayora et al., 2022) y en otros estudios reportados (Romero et al., 2018; Ayora y Calderón, 2021), lo que indicaría que en estas áreas, donde regularmente se constituye el frente ecuatorial (FE), el cual está formado por la convergencia de las Aguas Tropicales Superficiales ($S < 34$, $T > 25$ °C) y las Aguas Ecuatoriales Superficiales ($S > 34$, $T < 25$ °C) y son consideradas como áreas importantes en la productividad biológica (Jiménez, 1982), proporcionan un hábitat adecuado donde el éxito reproductivo y la supervivencia larval pudiera asegurarse.



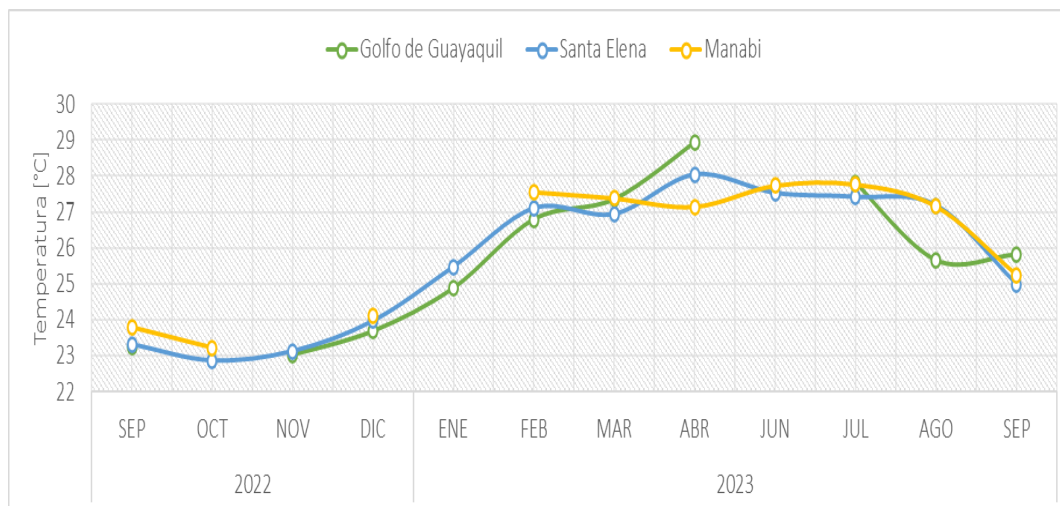


Figura 21. Condiciones de la Temperatura superficial del mar (TSM) registradas en el área de estudio, durante septiembre 2022 a septiembre 2023.

Un aspecto fundamental en la ecología marina es explicar que variables oceanográficas influyen en la distribución de los organismos en el ambiente marino. Esto tiene implicaciones importantes en la conservación y el manejo de las pesquerías de los pelágicos pequeños, dado que su sustentabilidad depende de identificar las áreas con características ambientales donde el éxito reproductivo permite un mayor reclutamiento (Pereira, 2011).

El análisis de correspondencia canónica indica que muchas de las variables juegan un papel considerable en el desove y en las áreas de crianza, al menos durante el periodo de estudio. La distribución de huevos sugiere que el desove de *S. japonicus*, *E. acuminatus*, *Opisthonema* spp. y *Cetengraulis mysticetus* ocurrió en épocas de menor salinidad y temperatura, y con concentraciones significativas de clorofila-a. Lo que hace suponer que dichas condiciones ambientales fueron óptimas para los adultos en reproducción, en los cuales encontraron temperatura optimas y disponibilidad del alimento, dado que especies las especies de pelágicos menores se alimenta tanto de fitoplancton como de zooplancton (Oliva et al., 1987; Romero, 1988; Manrique, 2000), con lo cual pudieron asegurar los procesos metabólicos, de crecimiento y reproducción de estos organismos y otorgar una mayor supervivencia larval.

Del mismo modo, el desove de *Auxis* spp y las larvas mayores de estas mismas especies presentaron relación con TSM y la Profundidad de la capa de mezcla (PCM), esta relación positiva con la TSM y la PCM, nos permite asociar a este último como factor importante en el desove de estos organismos. Aguilar (2017) menciona que la profundidad de la capa de mezcla, señala el hábitat donde los pelágicos menores concurren a desovar, donde

Zonas de abundancia y distribución de huevos y larvas de especies



existe alta probabilidad de captura de alimento y aumento la supervivencia de larvas, contribuyendo al reclutamiento y mantenimiento de las poblaciones de pelágicos menores.

Si bien un reclutamiento exitoso depende del tamaño y la concentración adecuada de alimentos (Lasker, 1981), la supervivencia de estas parece estar condicionado por una combinación de factores físicos y biológicos (McClatchie et al., 2007). No obstante, al igual que otros autores, en este estudio se asume que las áreas de crianza de larvas de peces están más fuertemente correlacionadas con que las variables biológicas (Lynn, 2003; Bellido et al., 2008; Aceves-Medina, 2009). Concluyendo que las áreas de crianza con altas densidades de zooplancton están relacionadas con suministros suficientes de alimentos de buena calidad para las larvas más viejas, dando paso a una mayor tasa de reclutamiento.

Observando el índice de abundancia larval, el cual es el reflejo de las características posteriores al desove (huevos frezados) y su supervivencia, se registró densidades significativas de larvas en pre-reclutamiento de las especies chuhueco, pinchagua, botella y macarela, esta abundancia está relacionada a la intensidad del evento reproductivo, basado en diferentes características físicas, químicas y biológicas (Werner, 2002) del hábitat donde concurren. De igual manera, es habitual que las larvas exhiban una menor abundancia relativa que los huevos, situación asociada a los procesos de dispersión y transporte que afecta a esta etapa ontogénica en el transcurso de su desarrollo y al efecto combinada de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas más desarrolladas, esto puede explicar el no registro de larvas de sardina redonda durante el presente periodo de estudio. El registro significativo de larvas en desarrollo avanzado de estas especies, refleja las tendencias en el tamaño del stock desovante y en un futuro a los nuevos reclutas (Hunter y Lo, 1993; Keller et al., 1999; Gledhill & Lyczkowski-Shultz, 2000; Moser et al., 2000), por lo cual es un indicador de utilidad en la estimación del reclutamiento exitoso (Smith, 1985; Moser y Pommeranz, 1999).

No obstante, las cantidades encontradas de abundancia larval probablemente tenga un efecto en beneficio de la pesquería de pelágicos pequeños en los siguientes años, considerando siempre y cuando varios aspectos como la mortalidad natural y las modificaciones de las condiciones ambientales que influyen sobre las tasas de supervivencia larval.



5. CONCLUSIONES

1. La época de desove de las especies *Auxis* spp., *Opisthonema* spp. y *C. mysticetus* ocurrió entre noviembre a marzo, con máximos entre enero a febrero; esto señala que durante la época de máxima reproducción aproximadamente el 75% de los individuos adultos alcanzo un desove efectivo, porcentaje importante para la estimación de un reclutamiento exitoso.
2. Para *Scomber japonicus* y *Etrumeus acuminatus*, la época de mayor intensidad del desove, donde aproximadamente el 40% de los adultos lograron desovar, fue de marzo a abril, identificándose cierta modificación en la intensidad del periodo reproductivo esperado, probablemente asociado a las condiciones ambientales
3. Las áreas del desove relacionado a la actividad reproductiva de los adultos de pelágicos en este estudio, estuvieron ubicados principalmente en Engabao y Puntilla de Santa Elena.
4. Las zonas de abundancia larval, que se relaciona a sitios de crianza favorables para el pre-reclutamiento, estuvieron identificadas principalmente en Bajo Cope, Puntilla de Santa Elena, Anconcito y Engabao.
5. La abundancia larval, registró un aporte significativo de larvas de *C. myticetus*, *Opisthonema*, *Auxis* sp, y *Scomber japonicus*, como reflejo del desove exitoso, donde probablemente se reclutarían a la pesquería en los siguientes años, considerando la mortalidad y predación natural existente.
6. Las condiciones ambientales registradas durante el periodo de estudio, muestra una relación importante de la SSM y CI-a con el desove efectivo (huevos de peces) y de la TSM y PCM con los pre-reclutas. Lo que nos muestra que los parámetros físico-químicos en conjunto con la disponibilidad de alimento, hicieron que se den las condiciones propicias para que el desove, la concentración y la retención de huevos y larvas de las especies de pelágicos pequeños en esta zona y periodo de estudio.

7. RECOMENDACIONES

1. Continuidad del monitoreo en años posteriores, que permitirá valorar las modificaciones que se presenten en relación con las condiciones ambientales. Así como, de mantener la misma cobertura geográfica mensual.



2. Llevar a cabo cruceros de biomasa desovante, el cual permitirá contar con un panorama completo del área de desove y la condición de los reproductores en otras zonas no incluidas en el proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aceves-Medina, G., Palomares-García, R., Gómez-Gutiérrez, J., Robinson, C.J. & Saldierna-Martínez, J. 2009. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagic fishes in the Gulf of California. *J. of Plankton Res.* Vol.31. 1283 – 1297.

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

Ayora, G., G. Calderón & G. Ponce. 2022. Caracterización del comportamiento reproductivo de peces pelágicos pequeños estimada a través de la abundancia de huevos y larvas, durante septiembre 2021- septiembre 2022. Informe técnico, dentro del Proyecto CNP-IPIAP.

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.

Fuentes C. M., M. I. Gómez, J. Salva, D. R. Brown & A. Espinach Ros. 2012. Reproducción de Peces Migratorios. Programa de conservación de la fauna ictica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe Bienio 2010-2011. 79-127.

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.

Gilbert, G. & T. Villegas. 2016. Aspectos biológicos y pesqueros de la macarela *Scomber japonicus* (Perciformes Scombridae) en la costa continental de Ecuador. *Ciencias Pesquera* 24(1): 67-75



Goulding, M., 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history. University of California Press, Los Angeles, 200p 74.

Gledhill, C.T. & J. Lyczkowski-Shultz. 2000. Indices of larval king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) abundance in the Gulf of México for use in population assessments. Fisheries Bulletin, 98: 684-691.

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.

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.

Pavlov, D. S., 1994. The downstream migration of young fishes in rivers: mechanisms and distribution. Folia Zoologica, 43: 193-208.

Pereira, J.J. 2011. Habitat use in marine fish: a test of three current theories. Tesis de Doctorado. Universidad de Connecticut. 114 p.

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

Valeiras, J. & Abad, E. 2010. Descripción de la melva (*Auxis thazard*). Manual ICCAT. Primera edición: 225-232 p.

Valencia – Gasti, J.A., Baumgartner, T. & R. Durazo. 2015. Effects of the ocean climate on life cycles and distribution of small pelagic fishes in the California Current System off Baja California. Ciencias Marinas. 41. 315 –

