

EMPRESA PESQUERA PROMARINA

I Campaña 2021 - Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos

INFORME EJECUTIVO

PANAMÁ

Del 21 al 27 de febrero 2021



EP Anchovetas II en faena de pesca

Contenido

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Oceanografía	4
3.2. Biología	5
3.3. Pesca y acústica.....	5
4. RESULTADOS	6
4.1. Condiciones oceanográficas	6
4.2. Aspectos biológicos de las especies pelágicas.....	12
4.3. Distribución y biomasa de recursos pelágicos	18
4.4. Muestreo para cálculo de TS acústico para sardina y arenque	20
4.5. Análisis de cardúmenes con condiciones ambientales	21
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	25
6. RECOMENDACIONES	27
7. ANEXOS	28
8. BIBLIOGRAFÍA	29

1. RESUMEN

La pesquería en Panamá está compuesta en su mayoría por las especies sardina (*Cetengraulis mysticetus*) y arenque de hebra (principalmente *Opisthonema libertate* y *Opisthonema medirastre*) que varían en distribución y concentración dependiendo de las condiciones ambientales, observándose que la sardina se distribuía geográficamente en el centro y este del golfo mientras que el arenque al oeste.

Durante la presente campaña de evaluación (Pr. 2102), el ecosistema pelágico en Panamá presentó valores de temperatura que variaron entre 22° a 28°C registrándose los valores más altos en el lado oeste del Golfo de Panamá. La intensidad de los vientos fue de 0 a 6 nudos dentro de las 15 mn, alcanzando 11 nudos con dirección sur fuera de las 15mn. Además, se presentaron concentraciones de salinidad menores a 32.1 ups, cabe resaltar la presencia de una masa de agua en el centro de la bahía de Panamá con valores menores a 30.0 ups.

La sardina fue detectada en desde Penonome hasta Panamá en concentraciones dispersas desde la costa hasta las 20mn, Los pequeños núcleos de mayor concentración se registraron frente a Nueva Gorgona y Balboa, la estructura poblacional presenta rangos entre 05 a 22 cm con dos modas, la principal en 18cm y la secundaria en 16cm con un porcentaje de juveniles del 20%. El Arenque, es la otra especie pelágica de importancia en el ecosistema de Panamá, fue detectada en forma continua, con concentraciones bajas y medianas en los alrededores de la isla del Re y en cerca de la costa entre La Palma y Brujas. Presenta un rango de tallas de 12 a 22cm con una moda principal en 15 cm y otra en 20cm, con un porcentaje de juveniles de 70%. **La biomasa estimada en el área evaluada** para todos los recursos pelágicos en el océano pacífico de Panamá **fue de 270,619 t**. Siendo la especie de mayor abundancia el arenque con 154,884 t y la sardina con 115,775 t.

2. INTRODUCCIÓN

La industria pesquera en Panamá cumple un rol importante en la sostenibilidad y conservación de los recursos pesqueros, es por ello que apuesta en la evaluación acústica de los recursos pesqueros antes del inicio de cada temporada de pesca. Estos esfuerzos que permitirá en el futuro contar con una base de datos que mida el nivel de stock del recurso existente y su variación en el tiempo. Este es un trabajo a largo plazo que demandará en el futuro diversos estudios complementarios y en diferentes escenarios ambientales, el objetivo es conocer la biomasa y su posible variación en diversos escenarios (año normal, El Niño o La Niña), para el 2021 se programó la campaña de evaluación de recursos pesqueros y medición de parámetros oceanográficos a bordo de la E/P Anchovetas II con el objetivo de medir la biomasa de los recursos y las condiciones oceanográficas existentes del 23 al 27 de febrero del 2021.

El cumplimiento y desarrollo de la prospección fue realizado por la compañía ALBOR TECNOLÓGICO SAC, en coordinación con la empresa pesquera PROMARINA SA quien proporcionó la logística y permisos con el estado de Panamá (Resolución DGOMI- N°.011-2021 de 24 de febrero del 2021). A esto se suma la cooperación de la Autoridad de los Recursos acuáticos de Panamá (ARAP) y el Centro Desarrollo y Pesca Sustentable (CeDePesca) con el objetivo de la identificación de especies y medición de los especímenes capturados.

El modelo de prospección acústica empleado es una adaptación al modelo desarrollado por Simmonds & MacLennan (2005). Esta adaptación considera las condiciones de pesca actual y la información disponible de la pesquería de pequeños pelágicos en Panamá. Se incluye en este proceso las pautas para la calibración del ecosonda científica ZSR-120 (Zunibal, 23 de febrero 2021) descritas en Foote (1987).

Con todo esto, se llevó a cabo la prospección del 21 al 27 de febrero, finalizando con el post-procesamiento con el cálculo de biomasa-abundancia del 02 al 15 de marzo, para la entrega del presente documento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La embarcación pesquera (E/P) Anchovetas II con número de licencia de pesca B-030 y perteneciente a la flota pesquera de PROMARINA, sirvió como plataforma de investigación en la Prospección (Pr) 2102. Se realizó un rastreo acústico continuo con un ecosonda científico (acoplada a la quilla de la embarcación) en el Golfo de Panamá, distribuidos en 16 transectos perpendiculares a la costa con distancias entre 10 y 59 mn y, una separación o inter transectos entre 10 y 19 mn (Fig. 01). Para la colección de muestras biológicas se realizaron lances de pesca con red de cerco de 1" de malla.

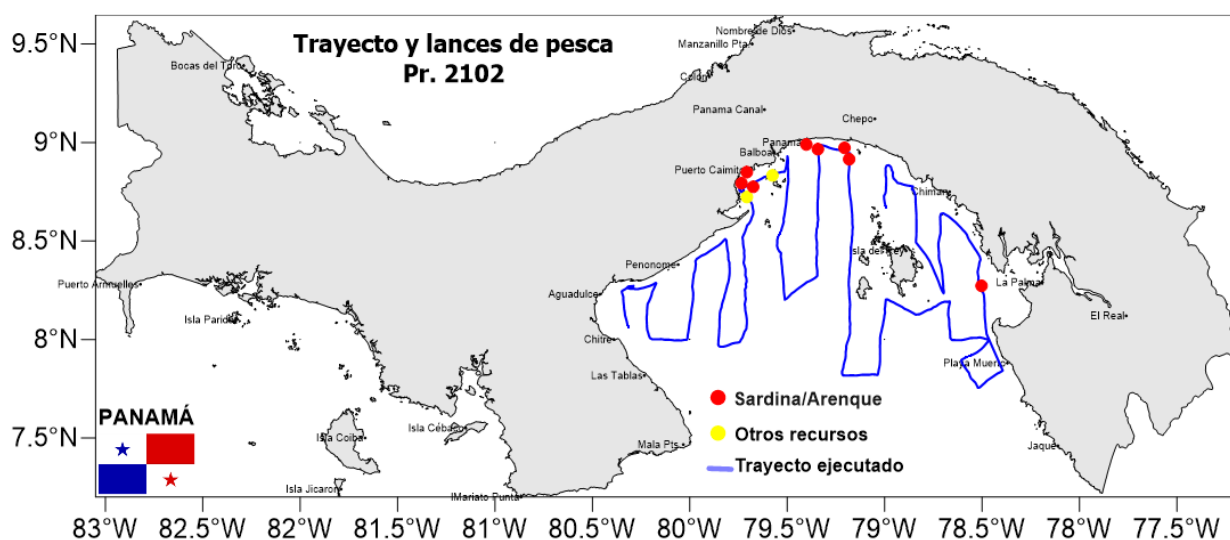


Figura 01. Trayectos y lances efectuados.

3.1. Oceanografía

En esta prospección 2102 se llevó a cabo la aplicación y procesamiento de datos del CT STAR ODDI S9792 a bordo de la EP Anchovetas II. Se registraron datos de temperatura y salinidad de la columna de agua *in situ*. Los puntos muestreados fueron en los vértices de los transectos y en cada lance de pesca (Fig. 02).



Sensor de Temperatura y Salinidad

3.2. Biología

Las especies objetivo para la prospección fueron la sardina (*Cetengraulis mysticetus*) y arenque (*Opisthonema sp.*). El personal embarcado de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) fue el encargado de desarrollar el muestreo biológico.

En los muestreos biológicos se determinó la composición por especies, talla, peso, estadio gonadal y sexo. Para estos dos últimos, se realizaron un submuestreo cada 30 individuos de especies objetivo. Se utilizó un ictiómetro y una balanza electrónica para la medición y peso de las especies, respectivamente y para la extracción se usó un “carcal” o “chinguillo”.

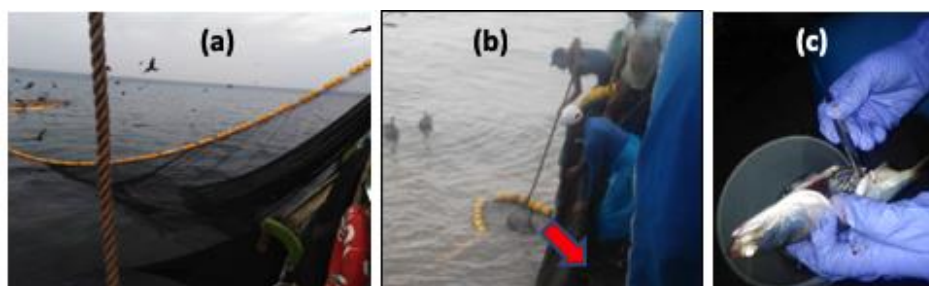
	Anchoveta (<i>Cetengraulis mysticetus</i>)	Arenque (<i>Opisthonema sp.</i>)
Loo (cm)	22.1	27.8
k (trim ⁻¹)	0.17 (estimado)	0.07 (estimado)
M (trim ⁻¹)	0.4	0.33
Lo (cm)	12.0	14.2 (estimado)
L50ms (cm)	14.7	18.5
h	1.0	1.0
Peso-talla	$W = 0.0035 L^{3.4}$	$W = 0.0144 L^{3.0507}$

Tabla 01. Parámetros biológicos.

Para el cálculo de biomasa se utilizaron las ecuaciones de Peso-talla, presentados en CeDePesca (2019), para cada especie.

3.3. Pesca y acústica

La red de cerco pelágica empleada para los lances de pesca tiene una dimensión de 354 brazadas de largo y 30 brazadas de alto, con un tamaño de malla de 1” o 2.54 cm. Para obtener la muestra biológica se desarrolla una operación de pesca (a), se toma una muestra usando un “carcal” (b) o empleando una bomba de pescado para captar la muestra antes del ingreso a bodega, donde se muestrea usando un balde de 20kg y finalmente medirlo usando ictiómetro y balanza.



Fotos. De izquierda de derecho, (a) operación de pesca con cerco, (b) toma de muestra con el chinguillo y (c) muestreo realizado por la ARAP.

En la parte acústica se empleó un ecosonda “científica” *single beam*, modelo ZSR-120 marca Zunibal de 120 kHz de frecuencia. La calibración acústica con blanco estándar a bordo de la EP se realizó de acuerdo con la metodología descrita por el ICES (1987). Para el muestreo acústico se utilizó un diseño sistemático de trayectos paralelos a la latitud y entre sí (Simmonds y MacLennan, 2005), donde la “Unidad Básica de Muestreo” (UBM) fue de 1 mn. Para esta prospección se registraron un total de 656 mn o UBM.

En la identificación y partición de los valores de integración, se siguió el “Protocolo para la colección y análisis de ecogramas” (Gutiérrez, 2004). Para el mapeo de distribución de cada especie evaluada se empleó el método de *Kriging* de interpolación de datos.

Los estimados de abundancia o biomasa fueron obtenidos a partir de los valores acústicos por áreas. Para ello se empleó las ecuaciones de Fuerza de Blanco o Target Strength (TS) (Gutiérrez, 2002). Para las especies en estudio se eligió la siguiente ecuación de fuerza de blanco por la similitud física de la especie: $TS = 20 \text{ Log}(L) - 77.5$, donde L es la talla media de la especie. Empleándose el software Echoview versión 8, para el análisis de post-procesamiento de los datos acústicos registrados con el ecosonda ZSR 120.

4. RESULTADOS

4.1. Condiciones oceanográficas

El plan de prospección consideró el desarrollo de 3 perfiles oceanográficos en las longitudes 79°50 (3 lances), 79°30 (4 lances) y 78°40 (4 lances). Se realizaron un total de 36 lances CTD, 9 en cada lance de pesca y 27 en cada quiebre del trayecto (Fig.02).

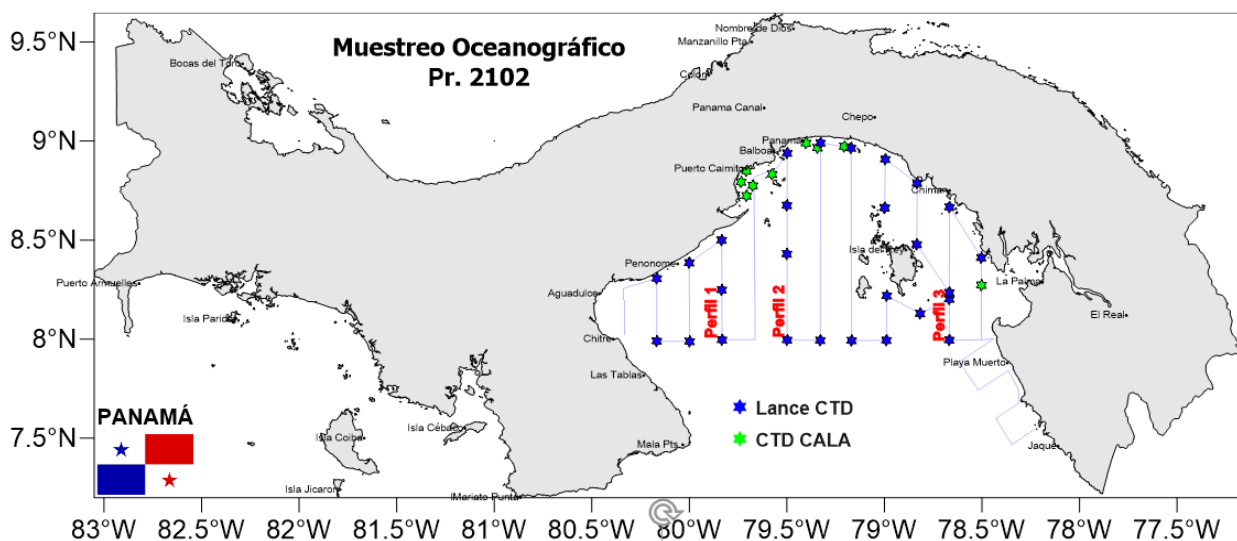


Figura 02. Muestreo oceanográfico.

Con la información superficial (primeros 3 metros) se realizó el siguiente diagrama de T-S, en el que se observa que la SSM varía de 26.20 hasta 32.13 UPS y la temperatura desde 21.80 hasta 27.60 °C. Cabe resaltar que la mayoría de zonas registran salinidades de entre 30 hasta 32 UPS (Fig. 03)

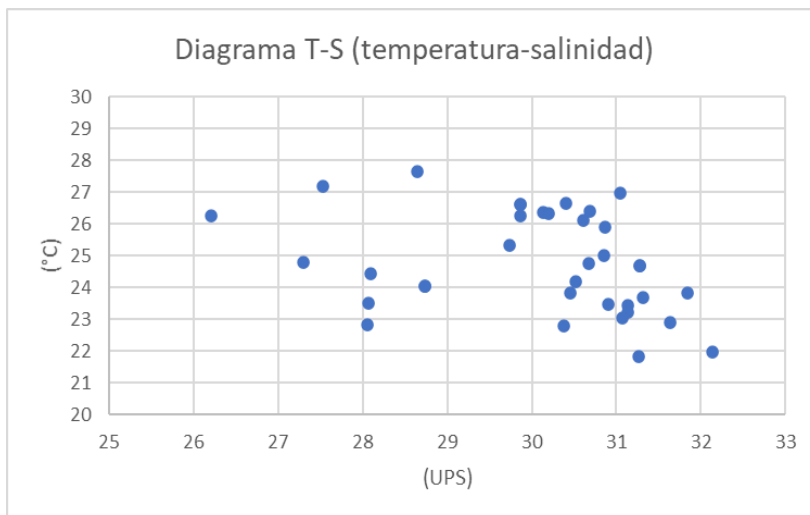


Figura 03. Diagrama T-S.

Al relacionar los datos de temperatura y salinidad (T-S), con la presencia de la especie sardina, el resultado sugiere que este recurso prefiere un nicho con temperatura entre 26-27°C y salinidades de 29 a 30 UPS (Fig. 04), aun cuando su rango de vida observado en el crucero es mayor (Tabla 02).

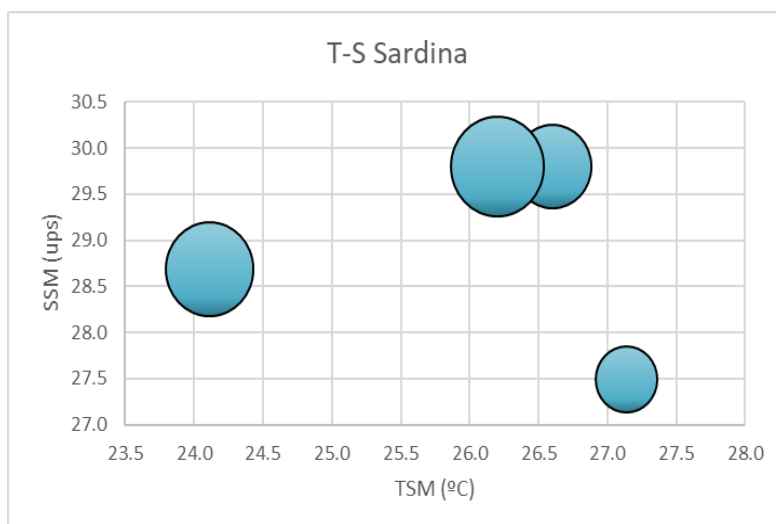


Figura 04. Diagrama TS para sardina.

Especie	TSM °C		SSM UPS	
	Min	Max	Min	Max
Sardina	24.11	27.60	27.49	30.00
Arenque	22.80	24.90	30.48	32.00

Tabla 02. Rangos de TSM y SSM para ambas especies.

PERFIL 1

El primer perfil se realizó en la zona oeste del Golfo de Panamá a una distancia de 35 mn de costa. La temperatura registrada verticalmente es de 26.1°C en la superficie y 17°C a los 50 metros de profundidad; la salinidad entre 30.6 en los primeros 15 metros y 32.7 ups a más de 15 metros.

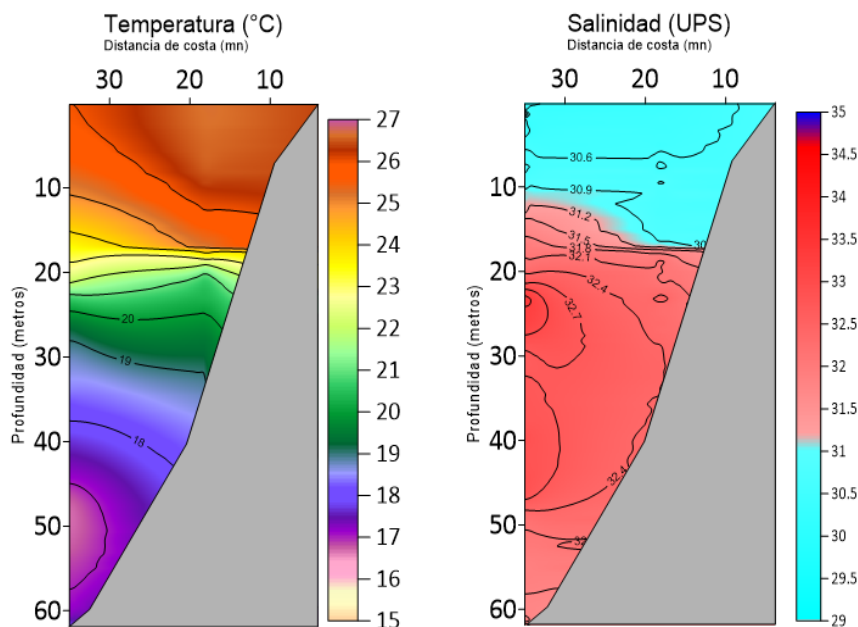


Figura 04. Primer perfil oceanográfico.

PERFIL 2

Perfil realizado frente a la Ciudad de Panamá con una longitud de 60 mn de costa, presentan valores de temperatura de 15°C a los 80 metros de profundidad y 24.4° en la superficie. A 30 millas de costa se observa un núcleo de 25°C en los primeros 5 metros de profundidad. En este perfil se observa un núcleo de salinidad mayor a 30 metros de profundidad a 60 millas de costa. La salinidad cerca a costa es <27 UPS.

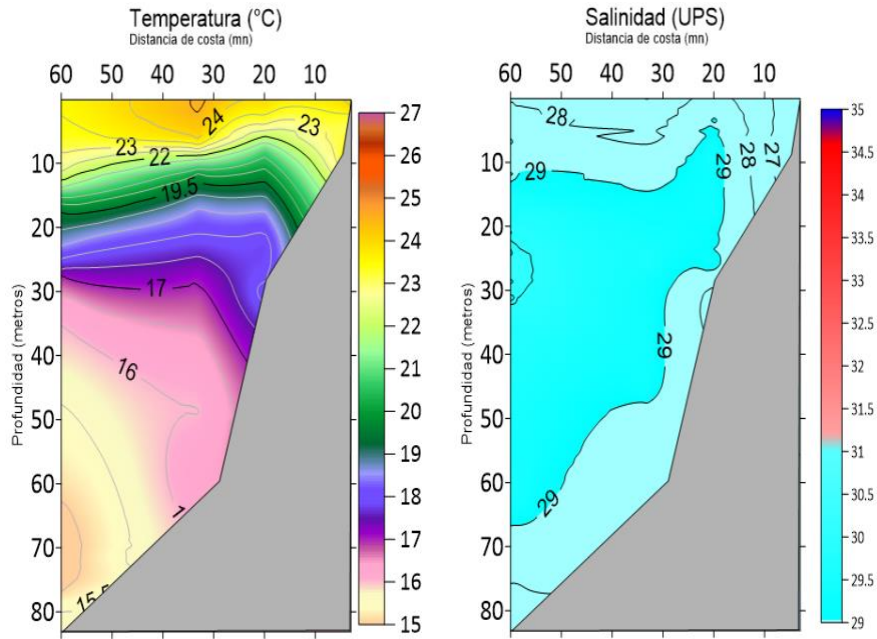


Figura 05. Segundo perfil oceanográfico

PERFIL 3

Perfil ejecutado frente al río Chimán, con temperatura superficial de 23°C y salinidad menor a 32 UPS cerca a costa. La salinidad se mantiene menor a 32 UPS en las primeras 30 millas de costa. Se observa un núcleo de agua caliente a 30 millas de costa (>24°C). Entre las 20 hasta las 30 millas de costa se observa una surgencia de aguas frías.

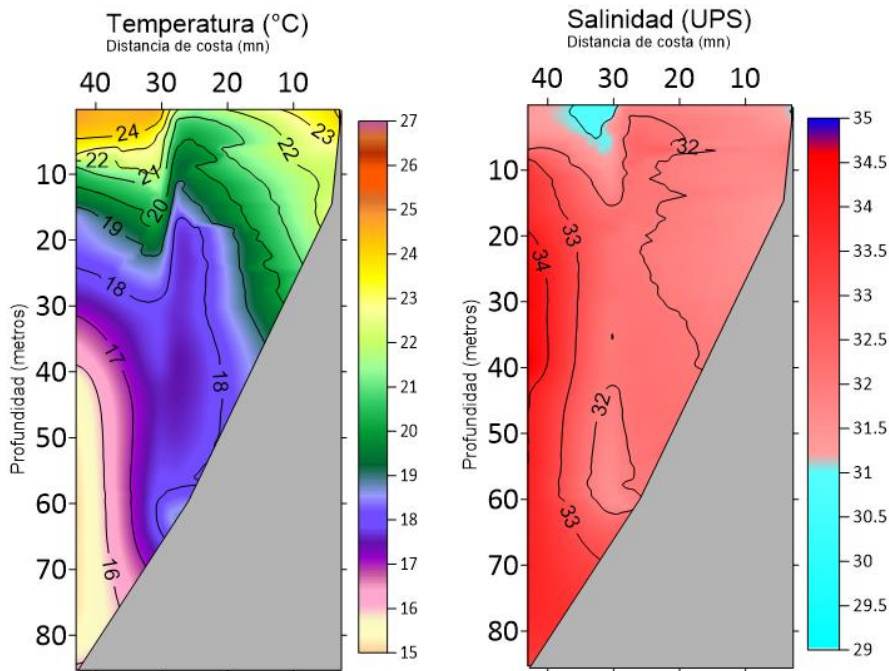


Figura 06: Tercer perfil oceanográfico

TEMPERATURA SUPERFICIAL

El Golfo de Panamá presentó temperaturas superficiales desde 22°C hasta 26°C. Las temperaturas más altas se registraron en el extremo oeste y cerca a costa entre Balboa y Ciudad de Panamá. Las temperaturas más bajas se registraron cerca a costa de Chepo, producto de las aguas del río Lagarto, Río platanares y el Río Chiman; y, por Las Palmas, producto de las aguas provenientes de los ríos Balsas, Sambu y Tuira

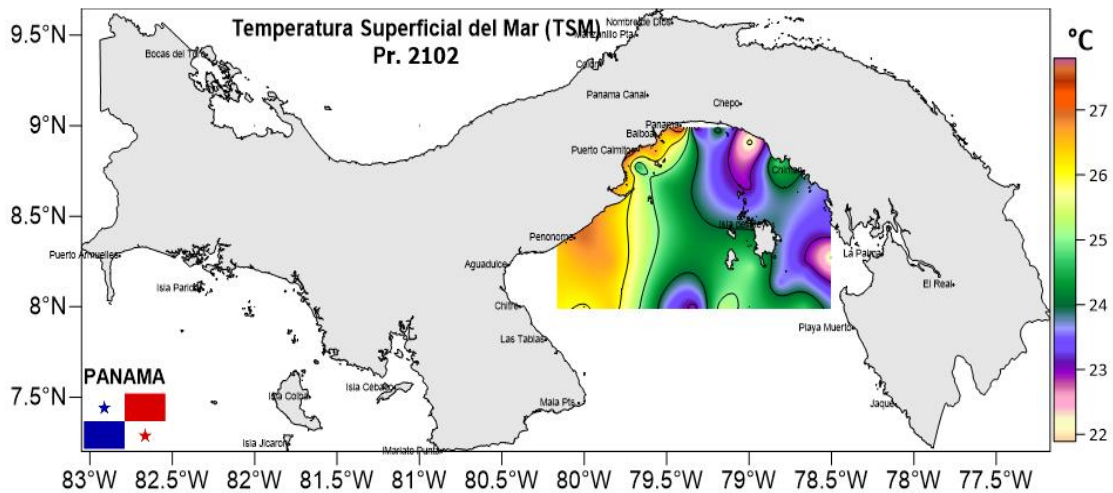


Figura 07: Temperatura Superficial del mar en el Golfo de Panamá.

SALINIDAD SUPERFICIAL

Presencia de baja salinidad, menores a 32.1 ups en todo el Golfo de Panamá. En los extremos este y oeste se encuentran las salinidades más altas (>30.5 ups). En el centro del golfo se encontraron salinidades por debajo de 30 ups, llegando a valores de 26.5 ups cerca a costa entre Ciudad de Panamá y Balboa, producto de la vertiente de los lagos. En promedio se tuvo una salinidad superficial de 30.07 ups.

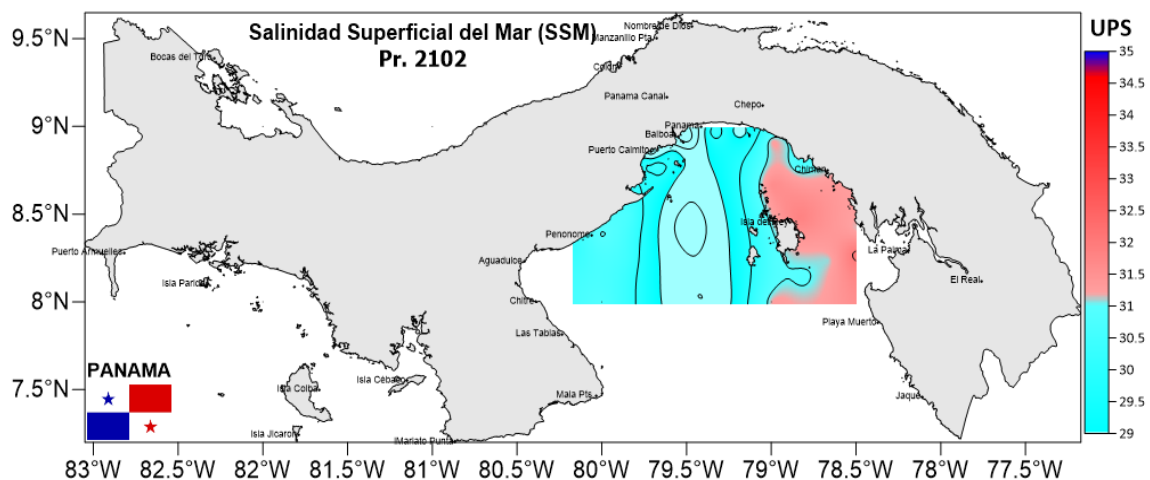


Figura 08: Salinidad Superficial del mar en el Golfo de Panamá.

INTENSIDAD Y DIRECCIÓN DE VIENTOS

Los valores (http://ness.hycom.org/thredds/ness/grid/GLBy0.08/expt_93.0/ts3z/dataset.htmlcerca

a costa fueron de 0-6 nudos mientras que en el centro del golfo se registraron vientos con intensidad de hasta 11 nudos en dirección sur, lo que podría explicar la baja salinidad en el centro del golfo, producto de los desplazamientos de masas de agua.

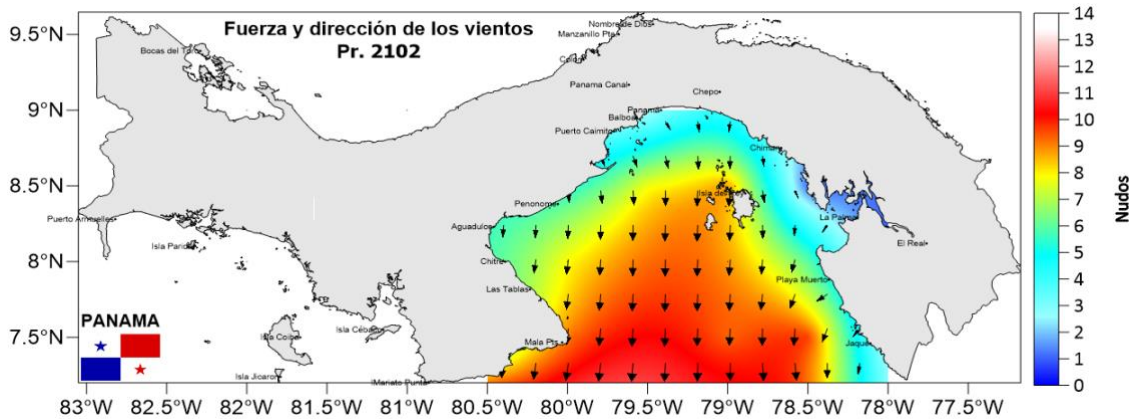


Figura 09: Intensidad y dirección de vientos.

ANOMALIA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Utilizando los datos tomados *in situ* y los datos satelitales descargado del programa OCEAN COLOR WEB de la NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>) se realizó el siguiente mapa de anomalías CTD – Satélite. Se observan anomalías negativas (valores satelitales mayores a las tomadas *in situ*) por el extremo sur oeste cerca de las palmas, mientras que cerca a costa por Panamá y Balboa se observan anomalías neutrales (datos tomados *in situ* similares a los satelitales). Por el extremo oeste se observa un pequeño foco de anomalías ligeramente positivas (0.5°C).

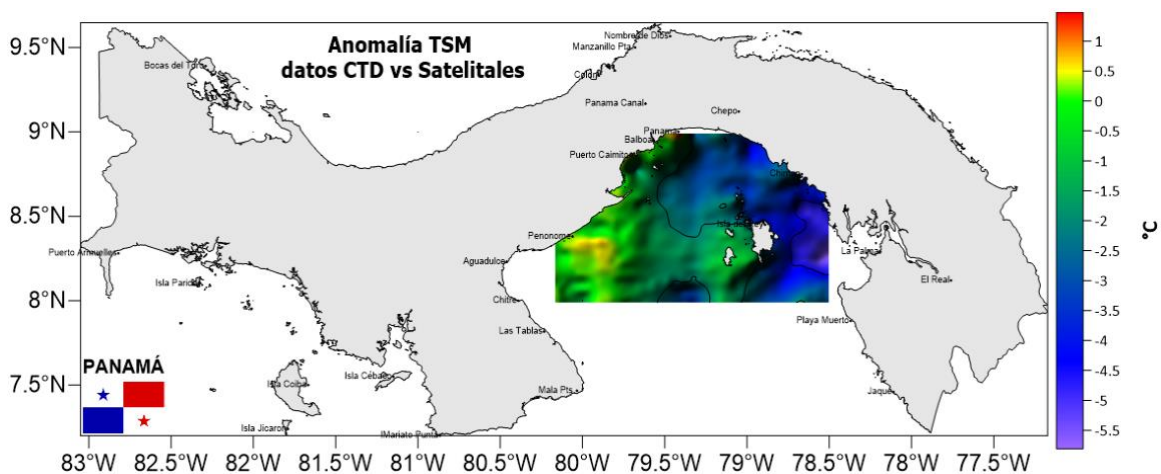


Figura 10: Anomalía de TSM.

ANOMALIA SALINIDAD SUPERFICIAL

Utilizando los datos tomados *in situ* y los datos satelitales de la página web del Hycom (<http://ncss.hycom.org/>) se realizó el siguiente mapa de anomalías CTD – Satélite en el que se observa anomalías cerca de valores neutrales (valores satelitales similares a los tomados *in situ*) en el centro del golfo de panamá, mientras que cerca a costa por Panamá y Balboa se observan anomalías ligeramente negativas (datos tomados *in situ* menores a los satelitales). En los extremos se observan anomalías positivas, siendo el extremo este el que tiene las anomalías más positivas (datos *in situ* significativamente mayores a los satelitales).

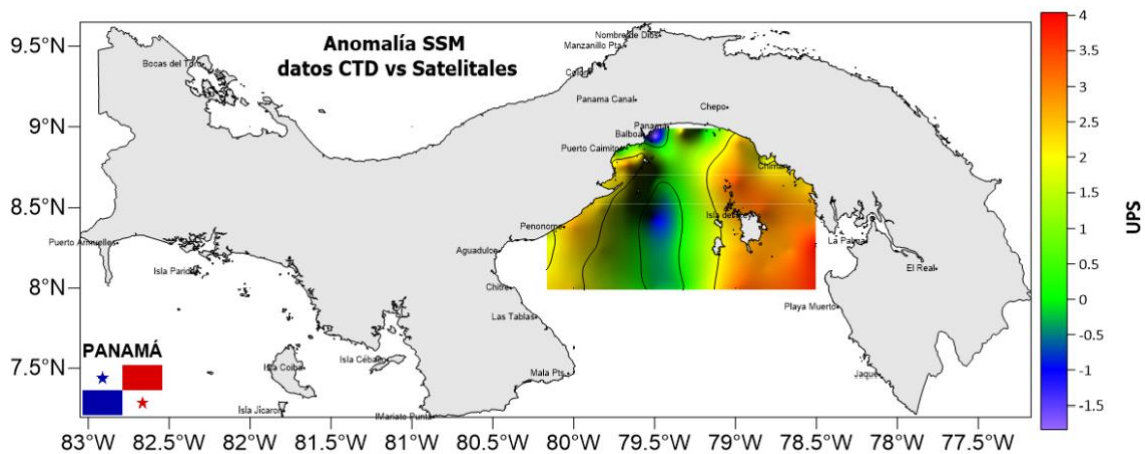


Figura 11: Anomalía de SSM.

4.2. Aspectos biológicos de las especies pelágicas.

Durante la Pr. 2102 se realizaron 5 lances de comprobación y 5 con captura (C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5). Los datos de esos lances se encuentran en la siguiente tabla 03.

N°	Hora Inicio	Hora final	dia/mes/año	Latitud	Longitud
1	06:26	07:20	25/02/2021	8°43.4' N	79°42.43' W
2	08:26	09:33	25/02/2021	8°47.6' N	79°44.09' W
3	10:40	11:41	25/02/2021	8°49.97' N	79°34.55' W
4	04:21	05:25	26/02/2021	8°57.97' N	79°20.56' W
5	06:33	07:45	27/02/2021	8°16.34' N	78°30.17' W
C-2	09:10	10:26	28/02/2021	8°58.37' N	79°12.36' W
C-3	12:46	13:50	28/02/2021	8°59.4' N	79°24.12' W
C-4	19:44	19:42	28/02/2021	8°50.97' N	79°42.45' W
C-5	20:28	21:26	28/02/2021	8°46.5' N	79°40.5' W

Tabla 3. Datos de lances de pesca durante la Pr. 2102.

Composición por especies en las capturas

Se obtuvo una muestra total de **207 kg**. Las mayores capturas corresponden a la sardina con **108 kg (52%)**; en segundo lugar, el arenque con **36.2 kg (17%)** y **30%** para otras especies (Fig. 12). Se tuvo una alta presencia de juveniles (Decreto 107-2016) para el arenque con un total de 70%, mientras que para la sardina fue del 20% especies (Fig. 13).

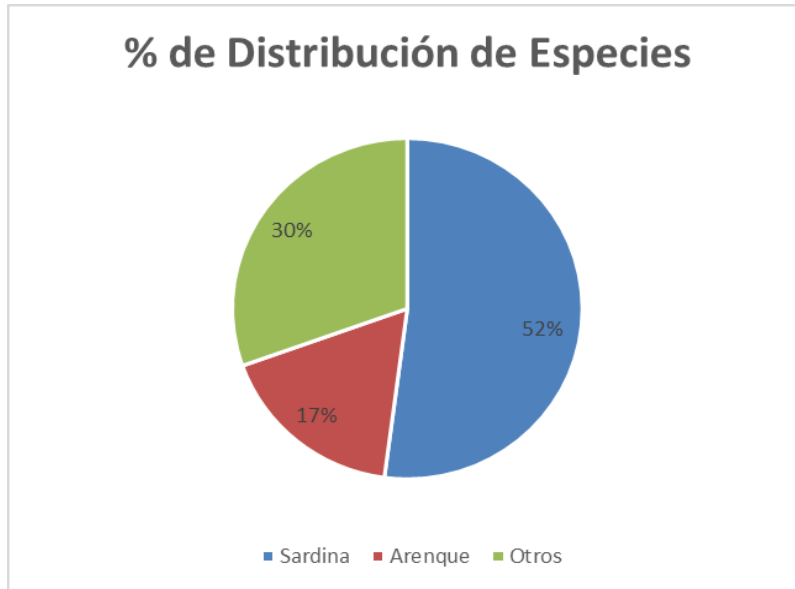


Figura 12. Porcentaje de distribución de especies muestreadas.

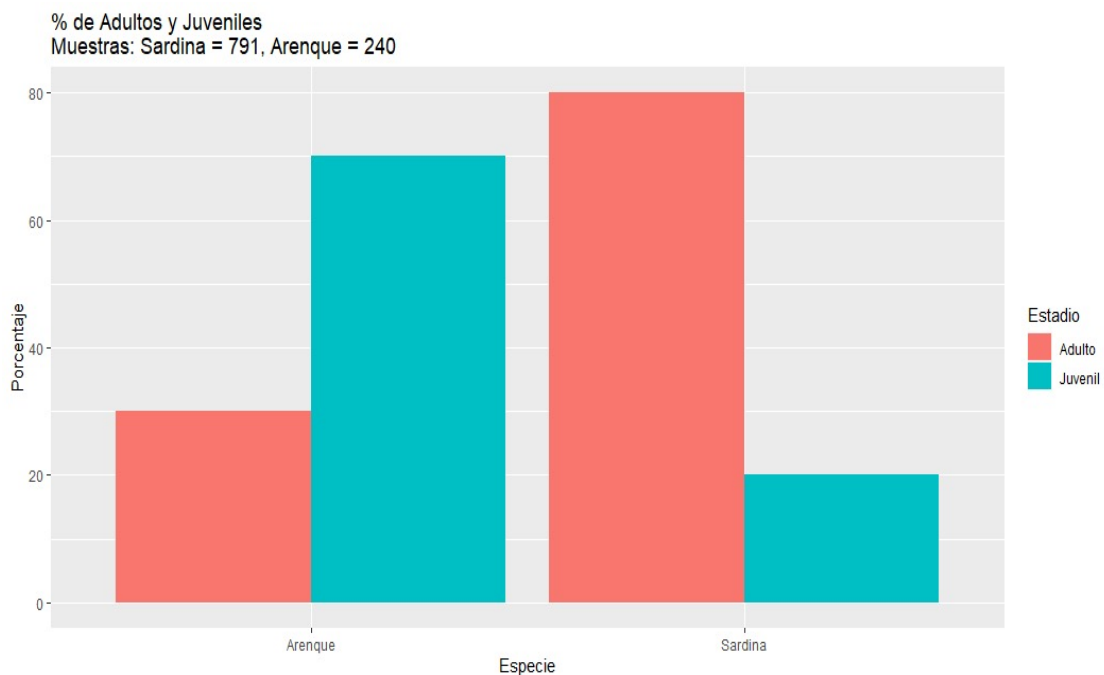


Fig. 13. Porcentaje de adultos y juveniles por especie.

Distribución por Sexo

La distribución por sexos se compuso de la siguiente manera (Fig. 14).

- **Arenque**

- Hembras: 50%
- Sin Identificar: 50%

- **Sardina**

- Hembras: 36%
- Machos: 22%
- Sin Identificar (SI): 42%

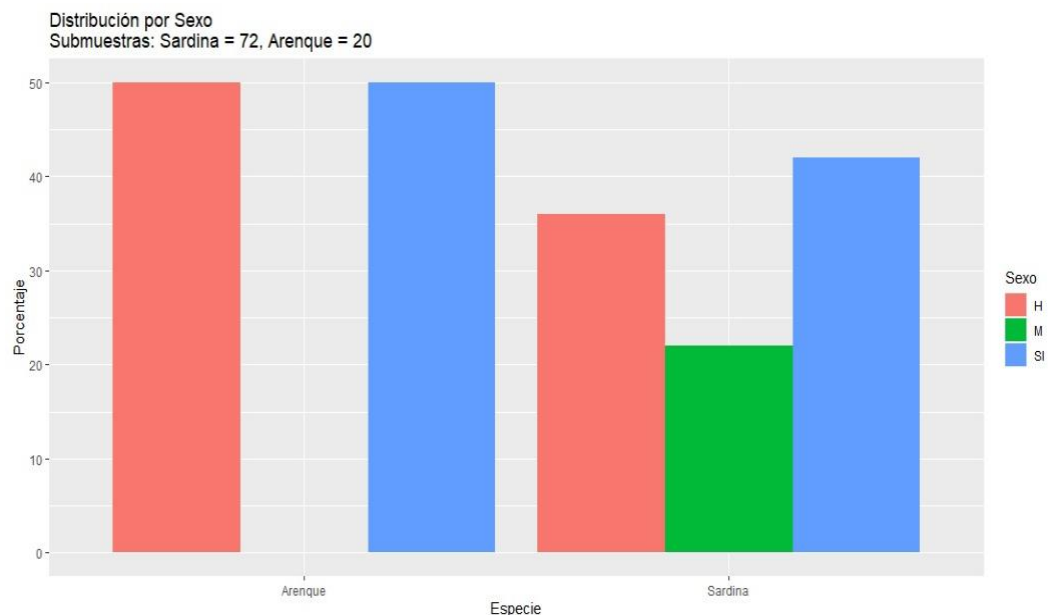


Figura 14. Porcentaje de sexo por especie.

Distribución por Estadio Gonadal

Según la muestra el estado gonadal está compuesto de la siguiente manera (Fig. 15):.

- **Arenque**

- Desovante (D): 100%

- **Sardina**

- Desovante (D): 57%
- En desarrollo (I-II): 29%
- Maduras (III): 14%

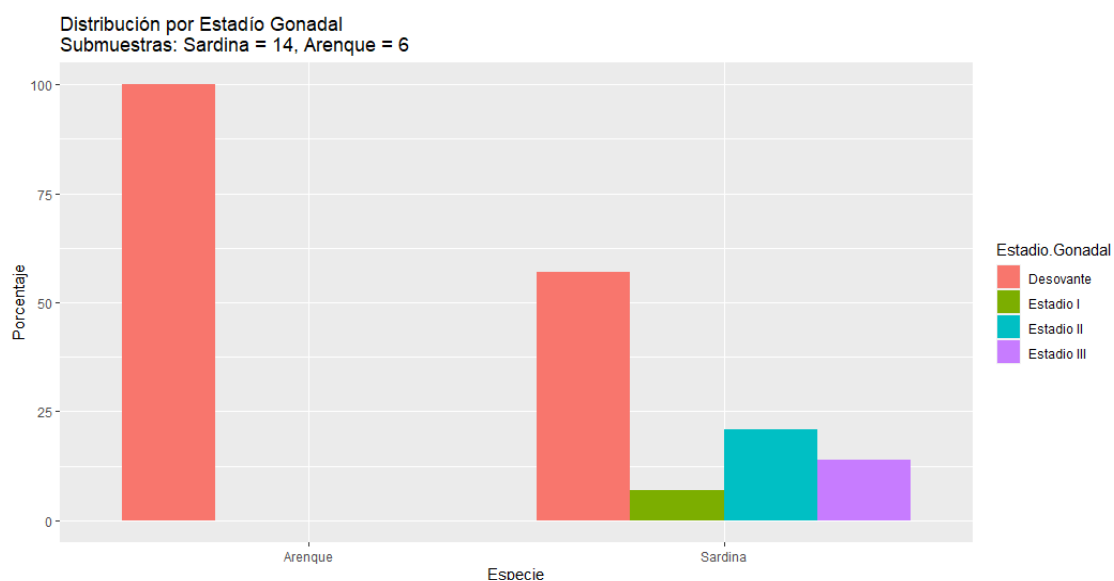


Figura 15. Porcentaje de estadio gonadal por especie.

Estructura por tamaños

Según el Decreto 107-2016, las tallas mínimas de capturas de la sardina y arenque son 12.5 y 17 cm, respectivamente. La E/P Anchovetas II realizó 6 lances positivos con sardina y 2 de arenque entre otras especies capturadas. La estructura por tamaños de cada lance fue normalizada para ponderar los grupos modales mejor representados.

- *Sardina (a)*

La estructura muestrea presenta rangos entre 05 a 22 cm de longitud total (LT) con modas de 16 y 18 cm, se indica en línea roja vertical el tamaño mínimo de captura por especie. (Fig. 16)

- *Arenque (b)*

El arenque presenta un rango de tallas de 12 a 22 cm de LT con modas de 15 y 20 cm (Fig. 17).

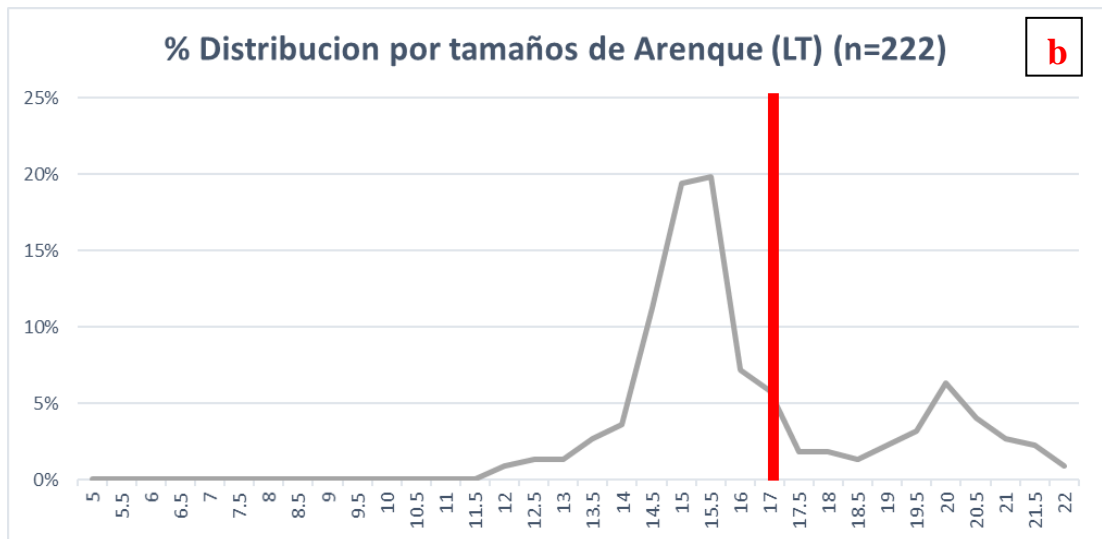
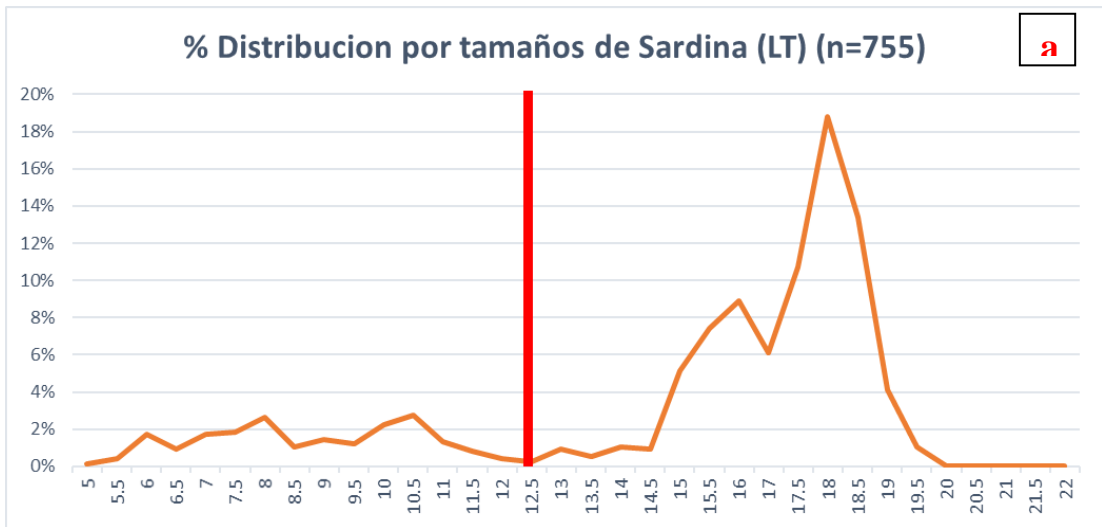


Figura 16 y 17. Distribución de tamaños de sardina (a) y

Estructura por tamaños y por años

Información de frecuencia de tallas para ambas especies, muestran cómo en esta última prospección (en línea negra) la sardina presenta tallas menores a 10 cm con moda en 18cm, mientras que la moda del arenque fue de 15.5 cm casi 3 cm menor al 2019 (Fig. 18).

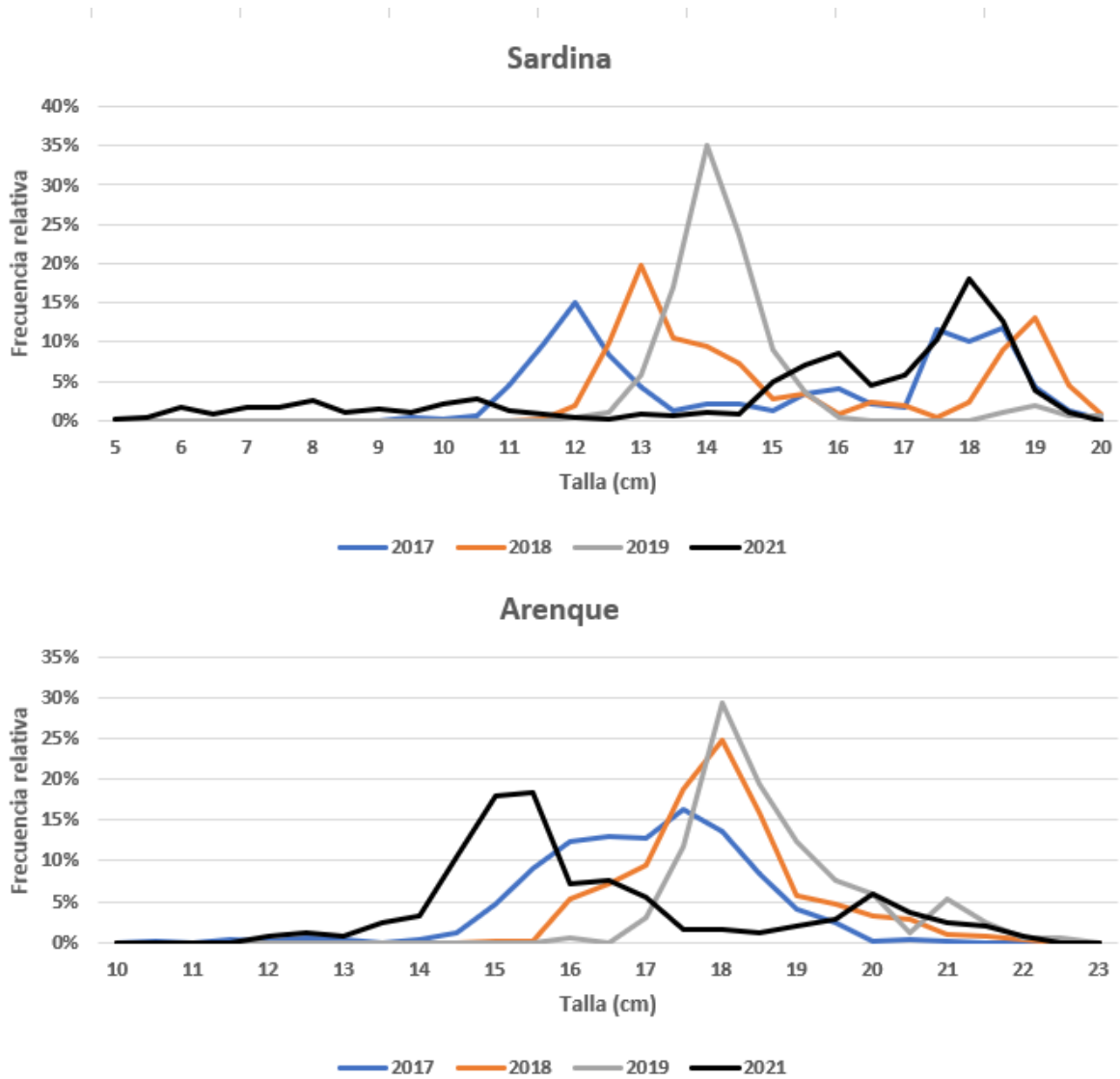
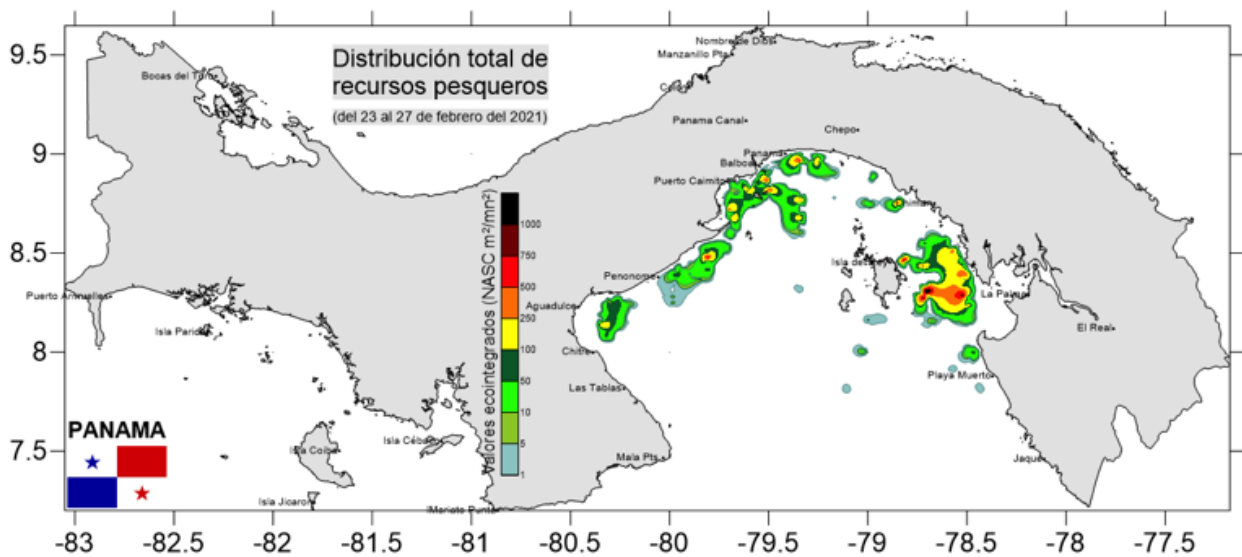


Figura 18. Frecuencia de tallas de sardina y arenque en prospecciones acústicas.

4.3. Distribución y biomasa de recursos pelágicos

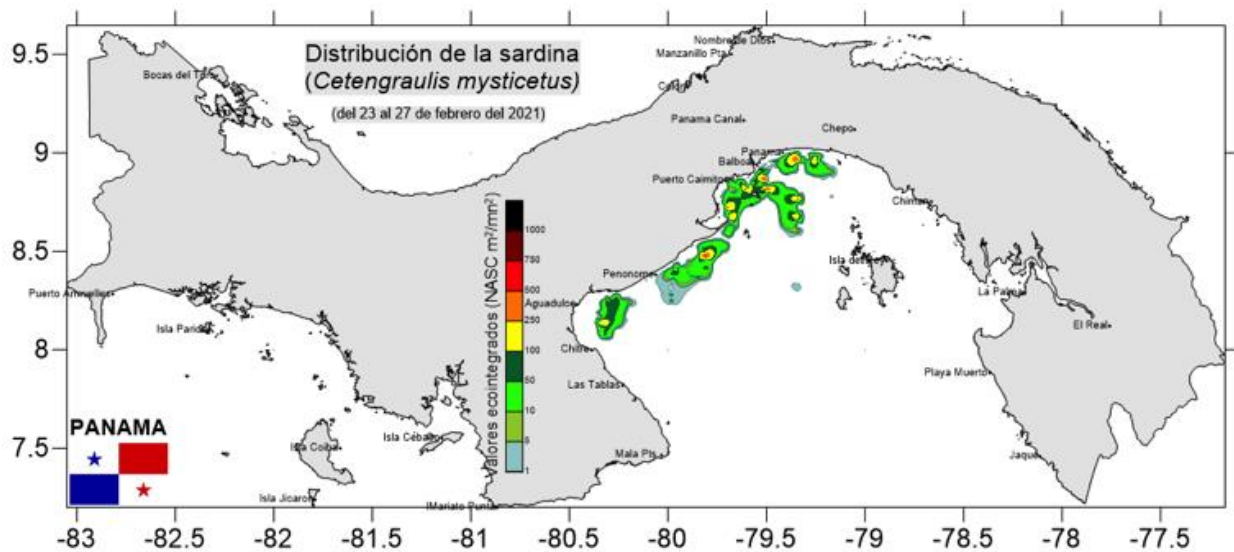
Distribución total de recursos pelágicos

La distribución general presenta concentraciones casi continuas replegadas a la costa de Panamá desde Chitre hasta Chepo y, entre Chiman y Playa Muerto. Se presentan mejores concentraciones frente a Nueva Gorgona, Bahía de Chame, Balboa, La Palma y en las costas de Isla del Rey. Las especies pelágicas que dominan el ecosistema oceánico marino en Panamá fueron la Sardina (*Cetengraulis mysticetus*) y el arenque (*Opisthonema libertate*), otras especies fueron consideradas como “bycatch”, en general la sardina y arenque se han detectado en concentraciones medias. A continuación, se describen las más importantes.



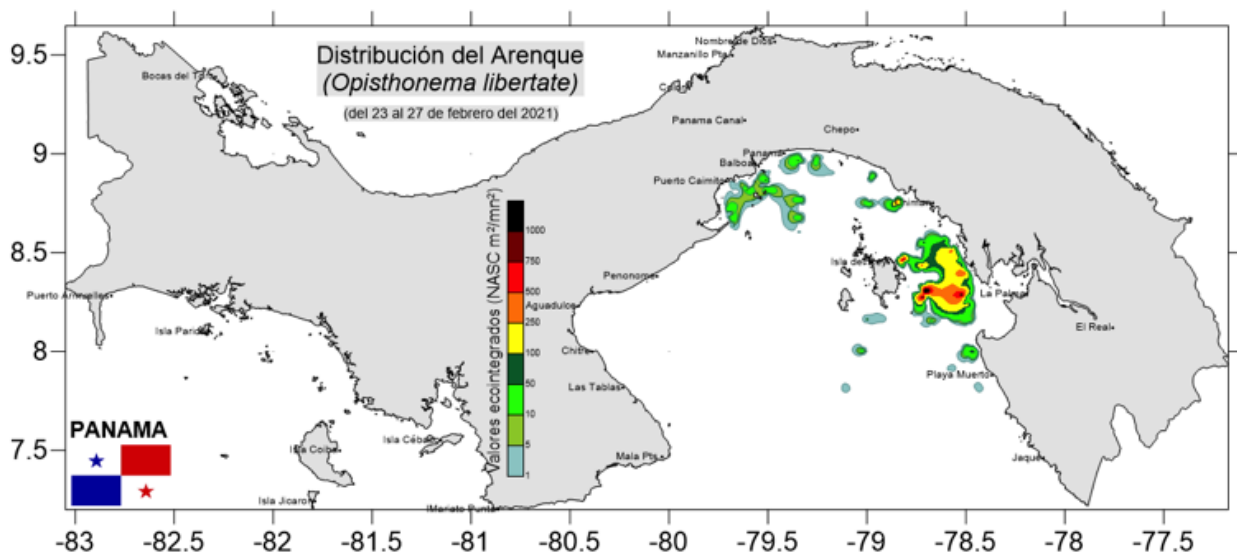
Distribución acústica de Sardina

La sardina fue detectada en las costas desde Chitre hasta Chepo, en concentraciones casi continuas hasta las 15 mn frente a Agua dulce y a 10 mn frente a Nueva Gorgona. En esta última se detectó un núcleo relativamente denso de sardina; además, frente a Balboa hasta las 11 mn y alrededor de Isla de Taboga. Cabe indicar que los cardúmenes de la sardina se detectaron desde los 3 hasta los 32.2 metros de profundidad.



Distribución acústica de Arenque

Los mejores núcleos de arenque se detectaron a 18 mn de La Palma y a 10 mn de Isla del Rey. Su distribución es continua y cerca a costa entre La Palma y Brujas, con una extensión de aproximadamente 30 mn. Por otro lado, se detectaron concentraciones dispersas en la parte este de Isla de Rey. Verticalmente se detectó cardúmenes desde 1 hasta los 70 metros de profundidad con una mayor concentración de cardúmenes entre 1 y 8 metros.



Biomasa de los recursos pelágicos

La biomasa estimada en el área evaluada para los recursos pelágicos en el Golfo de Panamá fue de 260,596 t. Siendo la especie de mayor abundancia el arenque con 144,821 t y la sardina con 115,775 t.

Las mayores abundancias se localizaron cerca a costa entre Brujas y La Palma y, entre Penonome y Chepo. La biomasa total se encontró entre 2 y 12 mn.

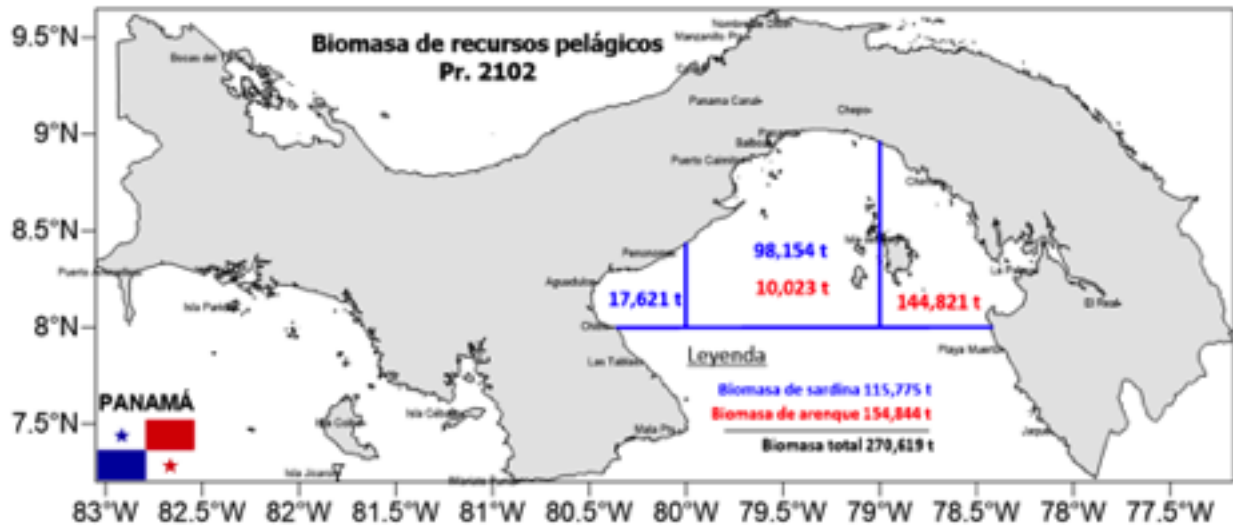


Figura 22. Distribución de biomasa.

4.4. Muestreo para cálculo de TS acústico para sardina y arenque

Los cálculos de TS *in situ* fueron estimados únicamente en los casos donde se muestreó más del 90% de la captura correspondiente a una sola especie a fin de reducir el sesgo que podría provenir de una errónea identificación de ecotrazos (cardúmenes).

Las tablas 4 y 5, muestran los datos colectados de 6 lances efectuados en la prospección del 2018 y 2021. Cabe mencionar que estas ecuaciones de TS no fueron utilizadas para el cálculo de biomasa de esta prospección debido a que el número de muestreo realizado no es suficiente estadísticamente. Aun cuando el valor muestral es bajo, esta información será muy útil para futuros experimentos con el objetivo de alcanzar un mayor grado de precisión en las estimaciones de biomasa futuras.

TS PROSPECCION 2018								
Especie	Lance	Transecto	# datos	TS	Talla Media (cm)	Rango tallas	b20	Ecuación TS
Sardina	1	5x6	42	-40.80063068	12.90	11.5 - 14	63.01130261	$TS = 20 * LOG(L) - 63.0113026079292$
Arenque	4	10	695	-38.34384684	18.40	16 - 22	63.64182395	$TS = 20 * LOG(L) - 63.6418239531194$
Arenque	5	12	338	-37.06827554	17.62	15 - 19.5	61.98935543	$TS = 20 * LOG(L) - 61.9893554340113$

TS PROSPECCION 2021								
Especie	Lance	Transecto	# datos	TS	Talla Media (cm)	Rango tallas	b20	Ecuación TS
sardina	2	5x6	220	-40.41087688	11.45	13 - 19	61.58751108	$TS = 20 * LOG(L) - 61.5875110786924$
sardina	4	7	555	-42.15085344	8.78	5 - 12.5	61.02191944	$TS = 20 * LOG(L) - 61.0219194415968$
Arenque	5	13	391	-41.46062734	15.57	13 - 17.5	65.30823878	$TS = 20 * LOG(L) - 65.3082387840651$

Tablas 4 y 5. Cálculo de Ecuación TS en la prospección 2018 (superior) y 2021

4.5. Análisis de cardúmenes con condiciones ambientales

Se detectaron 1902 cardúmenes de sardina y 409 arenque. A los cardúmenes detectados durante la campaña acústica, se le asignaron los valores de temperatura y salinidad superficial correspondientes de los datos tomados *in situ* por el CTD Star Oddi. Se realizó un modelo GAM para determinar la importancia de estas variables ambientales con respecto a los recursos detectados, para esto se convirtió los valores ecointegrados a dominio logarítmico para normalizarlos. Los resultados muestran una preferencia de la sardina por temperaturas entre 25.5 a 27 °C donde se han encontrado con mayor frecuencia, así mismo para la salinidad el rango preferente fue de 29.5 a 31 UPS. Por otro lado, el arenque tuvo un rango preferente entre 23.2 a 23.8 °C y la salinidad estuvo entre 31.2 a 31.6 UPS (Fig. 23).

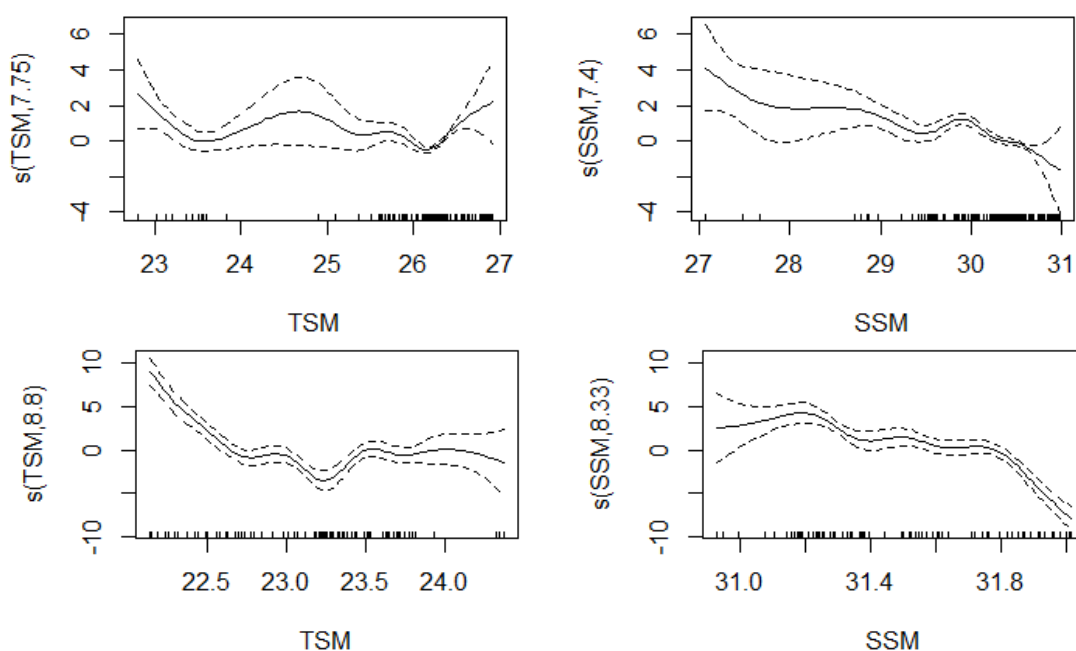


Figura 23. Relación de los parámetros usados para el modelo GAM. Superior: Sardina, Inferior: Arenque.

El modelo GAM para la sardina explica el 22.2% de la variabilidad de la distribución del recurso. Además, la temperatura y salinidad son significativos para el modelo incluido los coeficientes paramétricos o intercepto (p-value > 0.05) (Fig. 24).

```

Family: gaussian
Link function: identity

Formula:
log(NASC + 1) ~ s(TSM) + s(SSM)

Parametric coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.26116    0.03894   135.1  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
              edf Ref.df      F p-value
s(TSM)  7.747  8.502  8.405  <2e-16 ***
s(SSM)  7.404  8.202 13.545  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) =  0.211  Deviance explained = 22.2%
GCV = 1.6808  Scale est. = 1.6559    n = 1092

```

Figura 24. Resultados estadísticos del modelo GAM – Sardina.

Para el arenque, el modelo GAM explica el 52%, un valor aceptable. Además, los parámetros ambientales son significativos (p-value < 0.05) (Fig. 25).

```

Family: gaussian
Link function: identity

Formula:
log(NASC + 1) ~ s(TSM) + s(SSM)

Parametric coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.59166    0.07548   74.08  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
              edf Ref.df      F p-value
s(TSM)  8.797  8.983 18.22  <2e-16 ***
s(SSM)  8.333  8.887 18.12  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) =  0.496  Deviance explained = 52%
GCV = 2.1657  Scale est. = 2.0569    n = 361

```

Figura 25. Resultados estadísticos del modelo GAM – Arenque.

De manera general y comparativa, vemos que el arenque se distribuye en temperaturas frías con un promedio de 23°C y salinidades ligeramente más altas, con un promedio de 31.540 UPS, mientras que la sardina se ubica en temperaturas más cálidas con una media de 26°C y salinidades entre 30.357 UPS (Fig. 25).

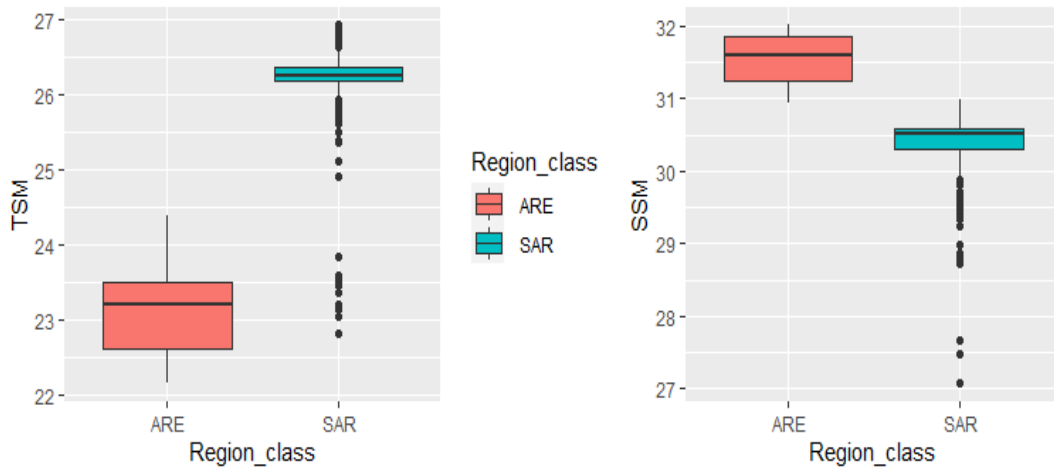


Figura 26. Boxplot de las especies versus los parámetros oceanográficos.

Características de los cardúmenes

Se hizo un análisis de las características de los cardúmenes, en la figura 27 se presentan las que tuvieron mayores diferencias. A nivel de energía acústica de los cardúmenes observados, el calculado para el arenque es algo más que el doble en energía acústica que la el observado por la sardina. En promedio estos valores son 1564 m²/mn² y 703 m²/mn² para el arenque y la sardina respectivamente.

Cabe resaltar que en el gráfico se representa en dominio logarítmico. A nivel vertical, el arenque suele distribuirse en mayores profundidades llegando hasta los 68 m, mientras que la sardina hasta los 27 m, en promedio de profundidad para el arenque está en 19 m y la sardina a 13 m. Morfológicamente la altura de los cardúmenes es similar en cuanto a rangos y promedio, sin embargo, se observa una gran diferencia con el volumen, en promedio para el arenque estuvo en 207 m³ y para la sardina 17 m³. La oblicuidad de los cardúmenes para ambas especies se encontró alrededor de 2.6 para ambas especies. De igual manera para el espesor de los cardúmenes se encontró el arenque ligeramente mayor al de la sardina, con promedios de 1.14 y 0.72 respectivamente.

Respecto a la profundidad de los cardúmenes de arenque y sardina, podemos indicar que: el mayor porcentaje de los cardúmenes estuvieron distribuidos en forma superficial 10.7m y 12m respectivamente para el arenque y sardina. Los cardúmenes de arenque en mayor porcentaje

estuvieron ubicados entre 4.8 y 12 m con algunos cardúmenes aislados en 57m, los cardúmenes de la sardina el rango de 5.1 a 16.1m de profundidad con un cardumen máximo a 32.3m.

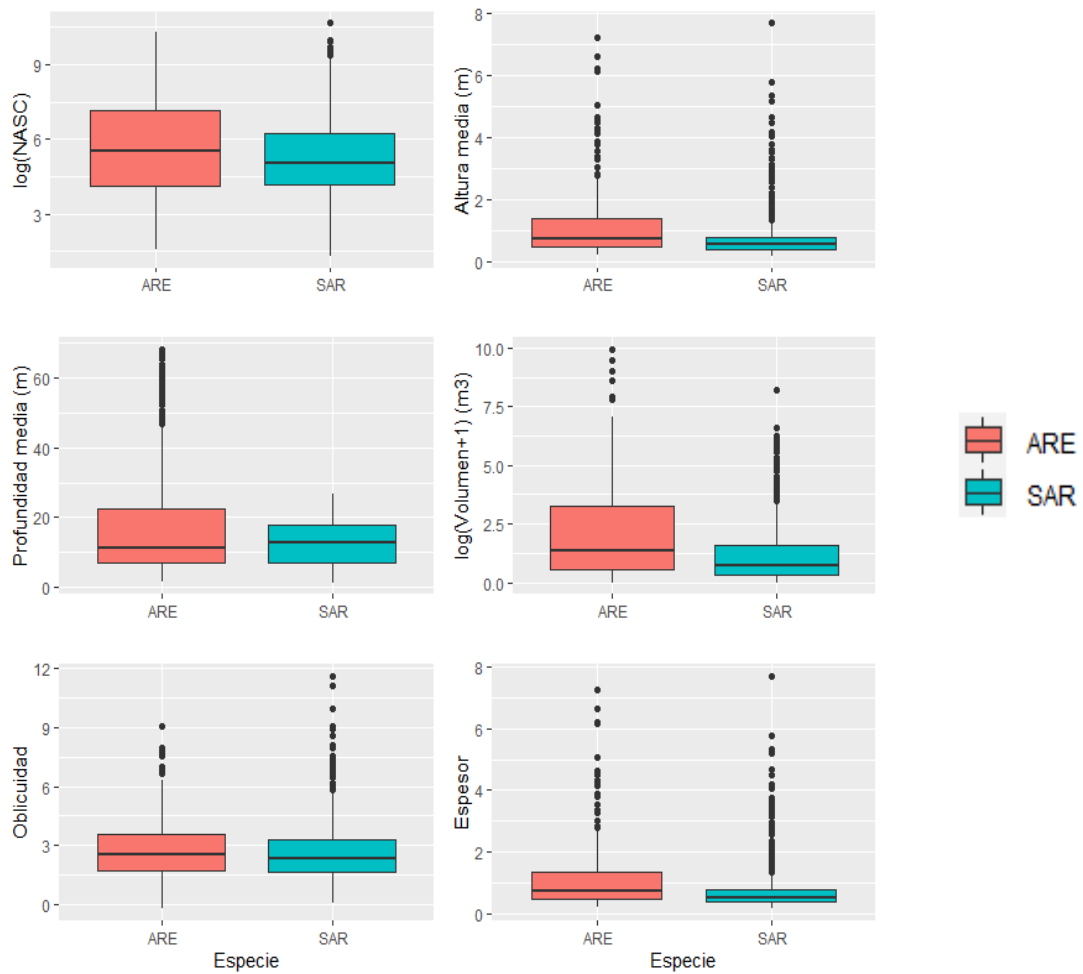


Figura 27. Boxplot de las especies versus los parámetros acústicos.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El ecosistema pelágico frente a la costa de Panamá está dominado por dos especies de mayor abundancia, el arenque (*Opisthonema libertate*) y la sardina (*Cetengraulis mysticetus*). Las biomásas estimadas en el 2021 fueron, el arenque con 158,844 toneladas seguido de la sardina con 115,775 toneladas, que **en conjunto suman una biomasa de 270,619 t**. Para ambas especies, existe una disminución de biomasa respecto al año 2019 de 19,821 t para la sardina y de 75,766 t para el arenque. El límite de confianza o el porcentaje de dispersión de la sardina fue de 63.4%, mientras que arenque presentó una dispersión de 49% (Tabla 06)

		2017			2018			2019			2021		
		Sardina	Arenque	Ambas	Sardina	Arenque	Ambas	Sardina	Arenque	Ambas	Sardina	Arenque	Ambas
BIOMASAS (t)	Puntual	233,138	151,042	384,180	249,851	180,493	430,344	135,596	220,587	356,183	115,775	154,844	270,619
	Límite superior	342,509	209,927		372,787	264,864		248,675	297,679		189,231	226,202	
	Límite inferior	123,767	92,157		126,915	96,122		22,517	143,496		42,318	83,486	
	Límite de confianza	46.91%	38.99%		49.20%	46.74%		83.39%	34.95%		63.44%	46.08%	

Tabla 06. Cuadro comparativo de biomásas por año.

El cálculo de biomasa del presente crucero acústico comparado con años anteriores es menor en 85,654 t (2019), 159,7125 (2018) y 113,561 t (2017). Esto podría explicarse a que en prospecciones pasadas se obtenían muestras con un bajo porcentaje de juveniles para ambas especies (Tabla 7). Por tal motivo, en el periodo prospectado (21-27 febrero) se obtuvieron valores de ecointegración bajos (a través de la acústica) los cuales son sustentados con la distribución por especie (Fig. 16, 17 y 18) y la no presencia de núcleos densos representativos como en años anteriores. Para la prospección 2021 se obtuvo para sardina un 20% de juveniles y para el arenque un 70% de juveniles, con una biomasa total de ambas especies de 270,619 t.

Por otro lado, el porcentaje de desove de la sardina (57%) y arenque (100%) presentaron valores muy altos comparados con otros años (Tabla 07). Para el caso del arenque, todas las hembras muestreadas e identificadas se encuentran en condiciones de desove. Esto podría suponerse que la etapa de desove se adelantó por las condiciones ambientales favorables para su reproducción.

Año	2017		2018		2019		2021	
Fecha	20 - 25 febrero		19 - 24 marzo		21 - 25 febrero		21 - 27 febrero	
Especies	Sardina	Arenque	Sardina	Arenque	Sardina	Arenque	Sardina	Arenque
Rango de tallas (cm)	9.5 - 20	11.5 - 21	15 - 20	15 - 22	12 - 22.5	16 - 22.5	5 - 22	12 - 22
Moda (cm)	12	17.5	13 y 19	18	14 y 19	18 y 21	16 y 18	15.5 y 20
% juveniles	30	42	2	13	1.7	1	20	70
% Desovante	0	0	0	0	0	0	57	100
Talla min desovante (cm)	-	-	-	-	-	-	16.5	15

Tabla 07. Cuadro comparativo: rango de tallas, moda y % juveniles por especie.

En las evaluaciones del 2017 y 2018 la especie de mayor abundancia fue la Sardina, sin embargo, en el 2019 esta especie paso a un segundo plano y similar comportamiento en el 2021. En esta oportunidad la sardina estuvo bien dispersa y superficial, no se encontró cardumen bien constituidos, la disminución en el estimado final de la sardina lo podemos atribuir a las variaciones de temperatura que cambian el comportamiento del recurso, sin embargo, también al esfuerzo de pesca podría ser otro factor importante que medir. En el arenque el estimado final fue 70,689 t menor al año 2019, sin embargo, su distribución fue atípica, la media de los cardúmenes estuvo en 6m, es decir muy superficial. Otro aspecto importante en la evaluación fue encontrar al 100% del arenque desovando, de alguna manera esta condicional del arenque podría influir en su comportamiento atípico encontrado (Tabla 8)



Tabla 08. Estimaciones de la biomasa 2017-2021.

Del muestreo biológico, la sardina presenta un rango de tallas de 05 a 22 cm, siendo su moda principal 18cm y una segunda en 16 cm, el arenque presento un rango de talla de 12 a 22 cm y moda principal en 15 cm y otra secundaria en 20 cm.

El Golfo de Panamá presentan temperaturas superficiales en el rango de 22° a 26°C, salinidades entre 30.5 y 33.5 ups. En el lado Oeste de la Isla Rey, las condiciones de temperaturas fueron más cálidas especialmente en la zona costera entre Puerto Caimito y Penonome, estos asociados a salinidades mayores a 30.5 ups. En el lado Este de la Isla Rey, las temperaturas fueron más frías (22°-23°C) y también asociado a salinidades > 30.5 ups.

6. RECOMENDACIONES

- En base a la muestra biológicas y el volumen de la biomasa de sardina y arenque encontrado con la prospección acústica. Es importante realizar otra evaluación a mitad de año y/o en campaña de pesca con el objetivo de conocer la continuidad de desove de ambas especies, así como complementar el conocimiento existente sobre la dinámica y comportamiento del recurso durante el periodo de pesca. En caso no poder dedicar una embarcación a esta actividad recomendamos el uso de un sistema de seguimiento acústico en línea como el implementado en el Anchovetas II. La información obtenida de eco integración permitirá desarrollar un análisis de la biomasa acústica mensual en la zona donde la embarcación opere.
- Los fondos rocosos es un punto de preocupación si es que se quiere realizar un lance de pesca con red de cerco, pues podría atascarse y perder la red. Se recomendaría una red de arrastre pequeña para disminuir tiempo de operación y evitar el fondo rocoso. Asimismo, permitiría hacer calas de cardúmenes mas pequeños ampliando el conocimiento de su composición y distribución que debido al tamaño de la red de cerco empleada abordo se deja de lado.
- Verificar las condiciones de tiempo (vientos y oleaje) con anticipación para determinar fechas de futuras prospecciones, con la consecuente eficiencia en el tiempo empleado de la prospección.

7. ANEXOS

7.1. Personal

Personal Científico

a) ALBOR TECNOLOGICO

- PhD(c) Federico Iriarte.
- Ing. Carlos Marín.
- Ing. Carlos Escobar.
- Ing. Carlos Valdez

b) ARAP

- Lic. Katusca Dixon.

c) CeDePesca

- Lic. Stephanie Lao

Personal Operativo

a. EP ANCHOVETAS II – Gaspar Ponce.

b. PROMARINA Jefe de Operaciones – Gilberto Aizprúa.

c. PROMARINA Gerente General – Tomas Villa.

7.2. Archivos complementarios

6.2.1 Datos de lances de pesca (anexo al informe)

6.2.2 Datos de muestreos biológicos (anexo al informe).

6.2.3 Datos de muestras oceanográficas (anexo al informe)

6.2.4 Cálculo Acústico de abundancia relativa (anexo al informe).

6.2.5 Archivo RAW DATA (en el disco duro de la Ecosonda Digital Portátil)

8. BIBLIOGRAFÍA

- CeDePesca, 2019. Evaluación de los stocks de anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) y arenque (*Opisthonema sp.*) en el Golfo de Panamá: 47 p.
- Foote, K., Knutsen, H., Vestnes, G., MacLennan, D., and Simmonds, J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. Cooperative Research Report, International Council for the Exploration of the Sea, No. 144. 57 pp
- González, L. M., & D'Croz, L. (2007). Variabilidad espacial del afloramiento en el Golfo de Panamá. *Revista Tecnociencias*.
- Gutiérrez, M. 2002. Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del mar peruano. Tesis. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81 pp.
- Gutiérrez, M. 2004. Protocolo para la colección y análisis de ecogramas durante prospecciones de evaluación de recursos pesqueros. Informe Interno de la Unidad de Tecnologías de Detección. IMARPE, 24 pp.
- Simmonds EJ, Gutierrez M, Chipollini A, Gerlotto F, Woillez M y Bertrand A. (2009) Optimizing the design of acoustic surveys of Peruvian anchoveta. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1341-1348.
- Simmonds, E.J. y MacLennan, D. (2006) Fisheries acoustics: theory and practice. Wiley-Blackwell, 456pp. Schnute J, Richards L. 2002. Surplus production models. In: Handbook of Fish Biology and Fisheries. Volumen 2: Fisheries. Hart P. and Reynolds J (eds), Blackwell Publishing, 426pp.
- Zuta, S., & Guillén, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú.