

# XV TALLER IMARPE-IFOP SOBRE EVALUACION CONJUNTA DEL STOCK DE ANCHOVETA DEL SUR DE PERU Y NORTE DE CHILE

LIMA, 04 - 07 DE DICIEMBRE DE 2017

## Índice

INTRODUCCIÓN . . . . .	2
GRUPO DE TRABAJO . . . . .	3
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS . . . . .	3
Oceanografía del Pacífico Sur oriental . . . . .	3
Climatología de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) . . . . .	3
Climatología del viento y turbulencia . . . . .	5
Climatología de las corrientes . . . . .	5
Variabilidad de la concentración de Clorofila-a . . . . .	5
Variabilidad de ictioplancton y zooplancton . . . . .	7
Modelo conceptual de transporte . . . . .	7
PESQUERÍA . . . . .	8
Desembarques . . . . .	8
Estacionalidad de los desembarques . . . . .	10
Áreas de pesca . . . . .	10
Composición por tallas de los desembarques . . . . .	13
Esfuerzo pesquero y CPUE . . . . .	14
Tamaño y composición de la flota . . . . .	14
Medidas de administración . . . . .	14
DINÁMICA POBLACIONAL BASADA EN CRUCEROS . . . . .	15
Evaluación hidroacústica del reclutamiento de la anchoveta en la XV, I y II Regiones (RECLAN) . . . . .	15
Método de Producción de Huevos (MPH) en el norte de Chile . . . . .	21
Estimación acústica de la biomasa de anchoveta en el sur de Perú . . . . .	23
PARÁMETROS DE HISTORIA DE VIDA . . . . .	23
Edad y Crecimiento . . . . .	23
Aspectos reproductivos . . . . .	24
Mortalidad natural . . . . .	26
Unidades poblacionales . . . . .	26
MODELOS DE EVALUACION DEL STOCK . . . . .	26
Modelos de biomasa dinámica . . . . .	26
Modelo A . . . . .	31
Modelo B . . . . .	31
Modelo C . . . . .	31
Biomasa desovante y reclutamiento . . . . .	33
Biomasa del stock . . . . .	33
Problemas no resueltos y principales incertidumbres . . . . .	34
CONCLUSIONES . . . . .	34
RECOMENDACIONES . . . . .	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	34

## INTRODUCCIÓN

En concordancia con el Convenio de Colaboración Científica y Técnica firmado en Lima, Perú en 1992, entre el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y el Instituto de Fomento Pesquero de Chile (IFOP), se realizó el Décimo Quinto Taller de Evaluación Conjunta del Stock de Anchoveta del Sur del Perú y Norte de Chile.

El presente informe contiene los resultados de la Evaluación Conjunta, así como recomendaciones de actividades a ser realizadas por cada Instituto. Este documento tiene el carácter de preliminar y está sujeto a ratificación por las autoridades de ambos Institutos.

El área de estudio del presente trabajo abarcó entre el 16 y 24°S.

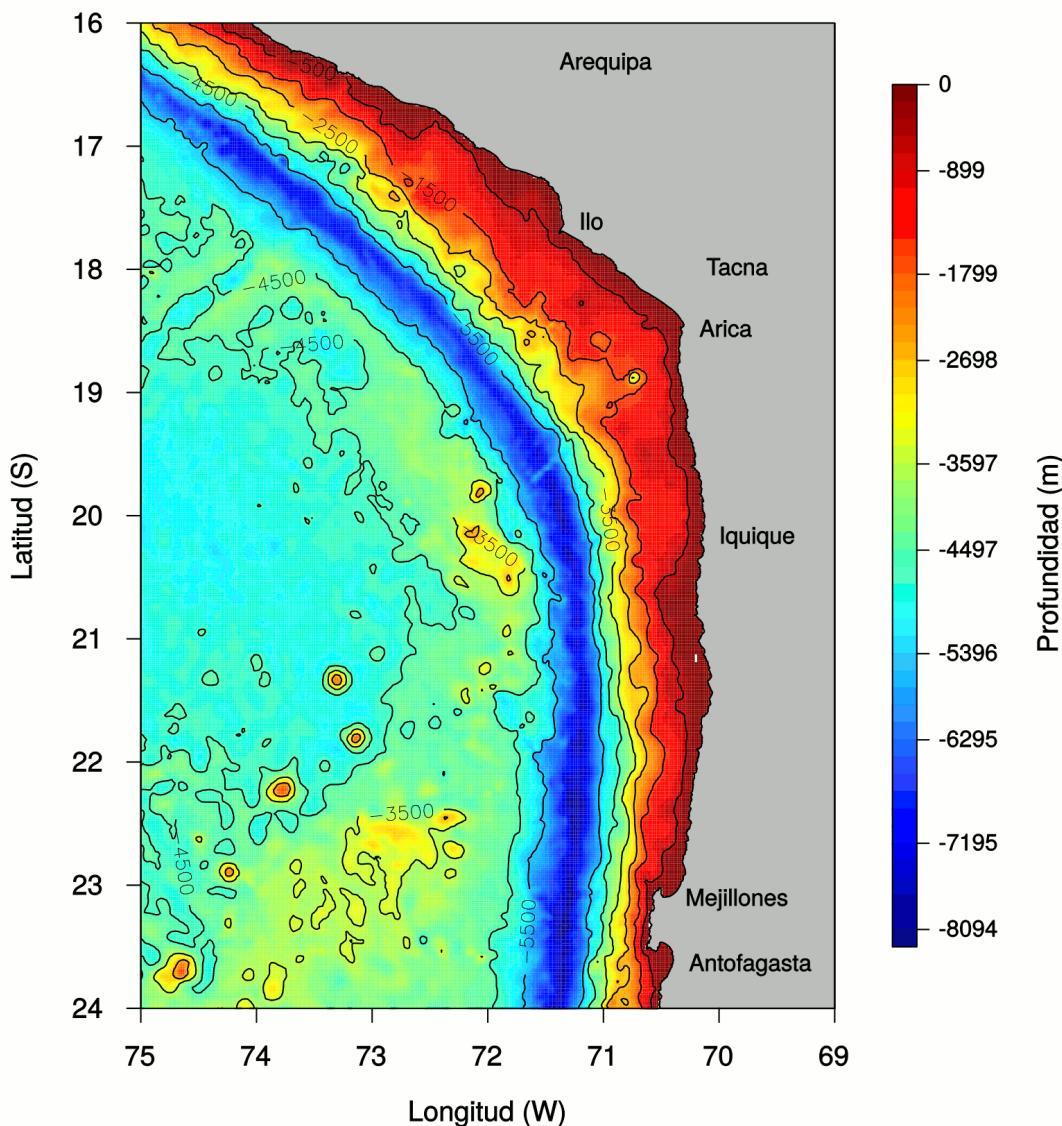


Figura 1: Área de distribución del stock.

## **GRUPO DE TRABAJO**

El trabajo fue desarrollado por las siguientes personas (Cuadro 1):

Cuadro 1: Lista de participantes.

IMARPE	IFOP
Miguel Ñiquen	Fernando Espindola
Erich Diaz	Doris Bucarey
Josymar Torrejon	Carola Hernandez
Giancarlo Moron	Sergio Lillo
Enrique Ramos	
Pablo Marin	

## **CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS**

### **Oceanografía del Pacífico Sur oriental**

La costa sudamericana y especialmente la costa centro norte de Chile y sur de Perú forman parte del sistema de corrientes de Humboldt. Este sistema se caracteriza por corrientes a lo largo de la costa superficiales y subsuperficiales, con masas de agua de origen ecuatorial y subtropical que se mueven hacia el polo y masas de aguas subantártica, intermedia y profunda que se desplazan hacia el ecuador. Estos flujos interactúan con continuos procesos de surgencia costera que se distribuyen heterogéneamente a lo largo de la costa norte de Chile, y que son forzados localmente por los vientos regionales inducidos por el desplazamiento estacional del anticiclón del pacífico sur.

La presencia de la surgencia costera forma frentes de surgencia, lenguas de surgencia y filamentos al mismo tiempo que producen la inestabilidad de los flujos superficiales generando meandros que ocasionalmente forman remolinos de mesoescala que se desplazan hacia el oeste. La surgencia produce el ascenso de aguas ricas en nutrientes que generan una mayor productividad biológica superficial a lo largo de una banda costera con flujos hacia fuera de la costa que convergen en el frente de surgencia y los frentes de plataforma. En estas zonas se produce convergencia y hundimiento de aguas costeras afloradas bajo aguas oceánicas menos densas formando zonas de acumulación y tramas tróficas locales. Situación similar ocurre en los remolinos de mesoescala aunque generan un transporte de calor, agua y organismos más lejano de la costa que las lenguas de surgencia o filamentos, incluso generando sus propias tramas tróficas en el centro o en los bordes.

Dentro de estos patrones generales se genera una variabilidad estacional debido a los cambios estacionales de la radiación solar disponible como también de la posición del anticiclón del Pacífico sur. Estos tipos de cambios estacionales son los de mayor persistencia en el tiempo por lo que han definido los procesos reproductivos e historia de vida de los organismos del ecosistema del Pacífico Sur Oeste. Se suman los impactos moduladores que amplifican o inhiben estos procesos asociados a eventos interanuales como El Niño/La Niña o Interdecadales asociados a cambios de régimen o incluso los de tendencias de muy largas asociadas al cambio climático.

### **Climatología de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

La distribución de la TSM muestra un rango entre 25° y 16°C con un declinamiento latitudinal y zonal, asociados a la disminución de la radiación solar hacia el sur y la presencia de una banda costera de aguas de menor temperatura producto de permanentes surgencias costeras (Figura 2). Las mayores TSM se observan entre los meses estivales (Diciembre-Abril) y las menores en meses invernales (Julio -Septiembre) con estaciones de transición de Primavera (Septiembre-Diciembre) y Otoño (Mayo-Junio). La banda costera se mantiene durante todo el año, aunque el gradiente zonal se fortalece entre primavera y verano debido a las mayores

TSM en el Océano y la intensificación de la surgencia en la costa forzada por el aumento de la componente del viento que favorece la surgencia.

Dentro de la distribución de TSM cabe señalar la zona del codo de Arica, Zona compartida con Perú, muestra una dinámica particular asociada a un núcleo oceánico de mayor temperatura permanente y una zona de transición entre zonas de surgencia de Chile y sur de Perú. En esta dinámica el cambio de dirección de los vientos por efecto topográfico puede estar jugando un rol preponderante lo que también se ve reflejado en las corrientes superficiales y profundas.

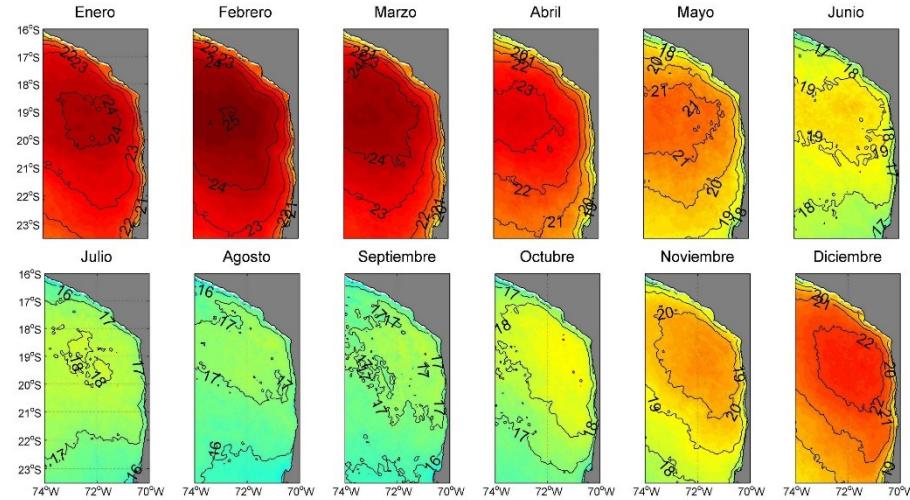


Figura 2: Distribución espacial mensual de la TSM (Fuente: Imágenes satelitales MODIS).

La serie temporal de las anomalías térmicas de la temperatura superficial del mar en Ilo, muestra una predominancia de anomalías negativas desde julio de 1998 (después de El Niño extraordinario 1997-98) hasta inicios del 2015 cuando se pasó a una dominancia de anomalías positivas que se mantuvieron hasta junio del 2017, asociadas al desarrollo de los eventos El Niño 2015-16 y El Niño costero del 2017; resaltando el verano del 2016 donde se registraron anomalías de hasta +3°C. Pasando después de este periodo cálido a una condición neutra con anomalías negativas (Figura 3).

La estructura térmica frente a Ilo sobre los 100 m de profundidad, mostro mayores temperaturas entre enero del 2015 y marzo del 2016, respecto al periodo abril-2016 a noviembre 2017. En lo que va del año 2017 resalta un enfriamiento de toda la columna de agua a partir de agosto manteniéndose esta condición hasta la fecha exceptuando la capa sobre los 20m donde se observó un ligero incremento térmico a partir de la segunda quincena de octubre (Figura 4).



Figura 3: Temperatura Superficial del Mar mensual en Ilo (1996-2016).

Respecto a la salinidad, esta variable presento una influencia atípica de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) entre marzo-2015 y abril-2016, debido al debilitamiento de los vientos, lo cual permitió el acercamiento de esta masa de agua a la costa. Después de mayo 2016 la predominancia fue de Aguas Costeras Frías en

toda la columna de agua, observándose solamente en octubre-noviembre del 2016 y mayo-junio 2017 una ligera influencia de las ASS en los primeros 20m de profundidad.

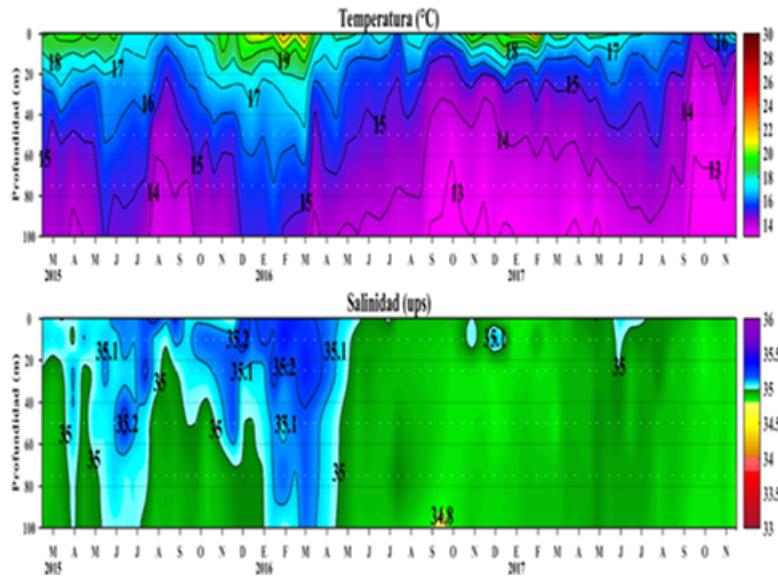


Figura 4: Perfil vertical de la temperatura y salinidad frente a Ilo reportado durante noviembre del 2017.

### Climatología del viento y turbulencia

Al igual que la TSM, la intensidad y dirección del viento, así como también la turbulencia tiene un comportamiento estacional que responde al desplazamiento estacional del Anticiclón del Pacífico Sur. Mientras el viento y la turbulencia en la zona oceánica se intensifican en el periodo de invierno, entre primavera y verano se incrementan en la banda costera, aunque con magnitudes significativamente menores que las registradas en la zona oceánica. Estos resultados son coherentes con la intensificación de la surgencia costera en primavera y verano. Por otro lado, en el codo de Arica donde la dirección del viento se desvía hacia al noroeste los valores de turbulencia permanecen bajos en comparación al resto de la zona (Figura 5). La distribución de la turbulencia sugiere que la zona norte de Chile y sur de Perú es una zona de transición separadas por la dinámica del codo de Arica.

### Climatología de las corrientes

Las corrientes muestran patrones estacionales al igual que las distribuciones de TSM y viento (Figura 6). Desde diciembre y desde la banda costera las principales corrientes promedio comienzan a fluir hacia el norte en la medida que se incrementa el viento cerca del continente. Por otro lado, en la época invernal cuando la intensidad del viento se debilita cerca del continente las corrientes se debilitan y forman meandros y remolinos, incluso se favorece el transporte hacia el sur en la zona oceánica. En la zona del codo de Arica, las corrientes aparecen débiles casi en todo el año, excepto a partir de junio cuando se forma un remolino ciclónico que se desprende de la costa y permanece en el eje meridional de los 72°W hasta el mes de septiembre.

### Variabilidad de la concentración de Clorofila-a

A diferencia de las otras variables, la concentración de clorofila en la banda costera presentó un patrón estacional débil con incrementos irregulares en el periodo estival, pero con valores sobre 1 µg/L durante casi todo el año producto de la surgencia permanente en la zona (Figura 7). Al sur de la península de Mejillones la

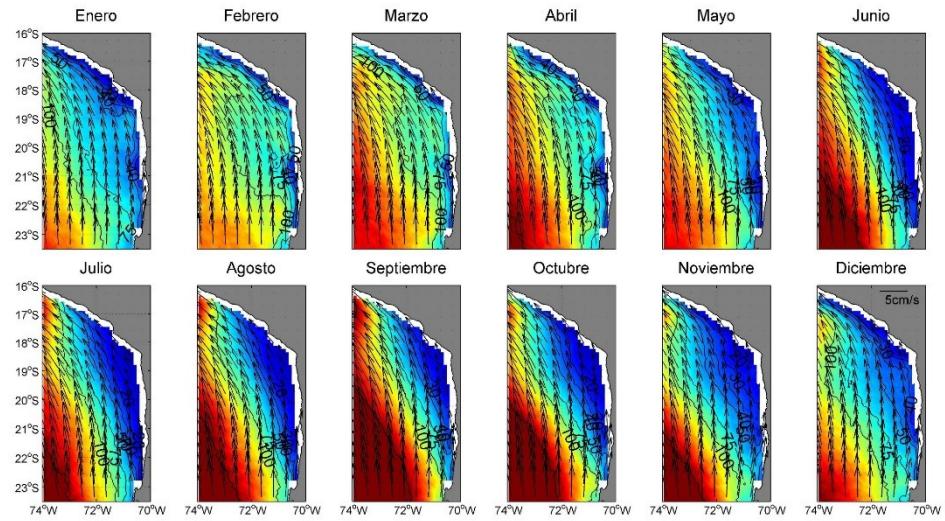


Figura 5: Distribución espacial mensual de las corrientes geostroficas (Fuente: Imágenes satelitales provenientes del programa AVISO).

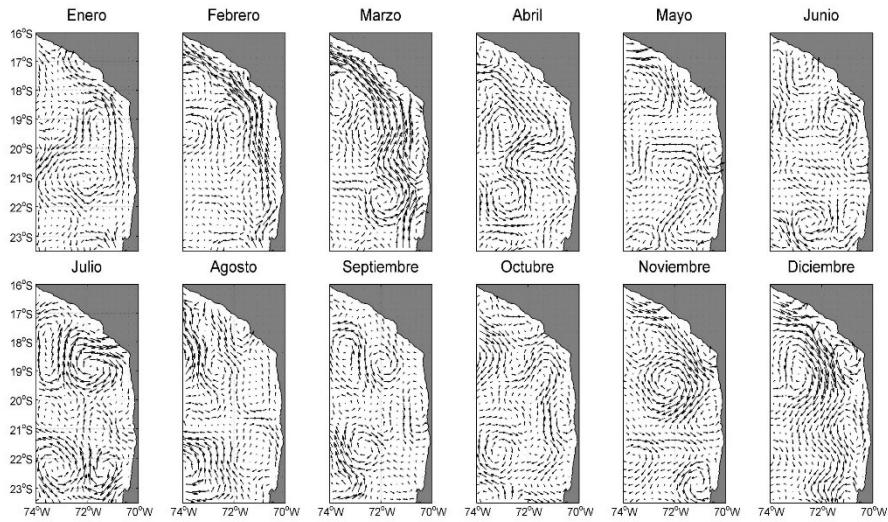


Figura 6: Distribución espacial mensual de las corrientes geostroficas (Fuente: Imágenes satelitales provenientes del programa AVISO).

banda costera presentó las menores concentraciones, no por un problema de disponibilidad de luz o nutrientes sino por un intenso trasporte de Ekman fuera de la banda costera. Entre Pisagua y la península de Mejillones la concentración de clorofila se mantiene con valores mayores a 1  $\mu\text{g/L}$  producto de la casi permanente aunque débil surgencia costera. En el codo de Arica las concentraciones de clorofila tienden a ser mayores durante el periodo.

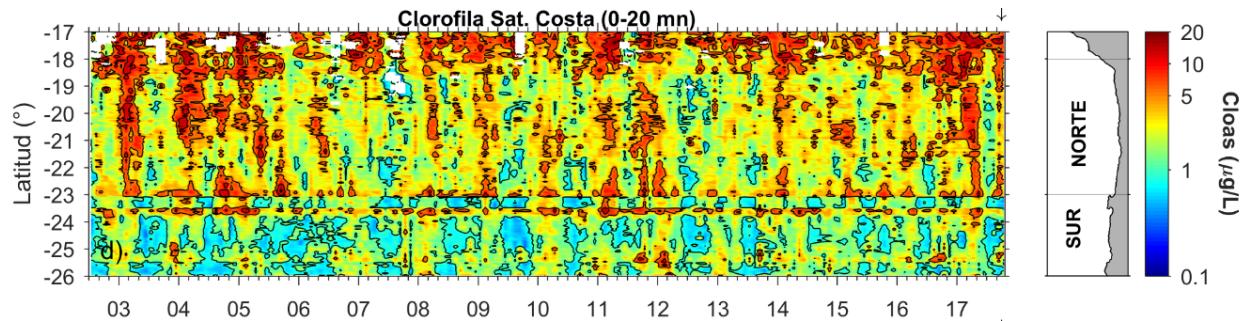


Figura 7: Concentración de clorofila-a a lo largo de la banda costera en función del tiempo (Fuente: Imágenes satelitales provenientes del programa MODIS).

### Variabilidad de ictioplancton y zooplancton

Al igual que las variables ambientales, el zooplancton presentó una señal anual que mostro las mayores abundancias y biomassas entre agosto y noviembre, periodo de incremento de la surgencia. Por otro lado, las mayores densidades de huevos de anchoveta se han registrado entre julio y octubre de cada año, con un máximo en septiembre, acorde a la señal anual descrita para el zooplancton. En términos de distribución los Centros de Acción Biológica (CAB) reconocidos se presentan en la zona de la península de Mejillones, la desembocadura del río Loa y en el codo de Arica, siendo estos dos últimos los de mayor importancia durante el desove de primavera.

### Modelo conceptual de transporte

Los resultados de estaciones costeras mensuales y cruceros anuales que monitorean el desove y reclutamiento de la anchoveta sugieren la zona de la desembocadura del Loa ( $21^{\circ}\text{S}$ ) es uno de los más importantes CAB asociadas un área de desove de anchoveta en el norte de Chile (Figura 8). El patrón de corrientes, la baja turbulencia y los vientos débiles sugieren que en esta zona la retención y el enriquecimiento son favorecidos durante el periodo de desove (julio a diciembre). Posteriormente (diciembre-marzo) y en la medida que los huevos se transforman en larvas, las corrientes favorecen un transporte hacia el norte encontrándose con numerosos centros productivos de surgencia hasta llegar al área del codo de Arica. En este otro CAB, zona de retención asociada a baja turbulencia producida por el viento y recirculación de baja intensidad, las larvas provenientes del sur se incorporarían al producto del desove local. Desde abril a julio, las corrientes en la costa se presentan débiles e irregulares, mientras que en la zona exterior favorecen el transporte hacia el sur, especialmente entre septiembre y diciembre. A través de este esquema se propone un patrón de migración norte sur que conectaría el área de desove del norte de Chile un área de desove y reclutamiento del sur de Perú asociada a la dinámica del codo de Arica.

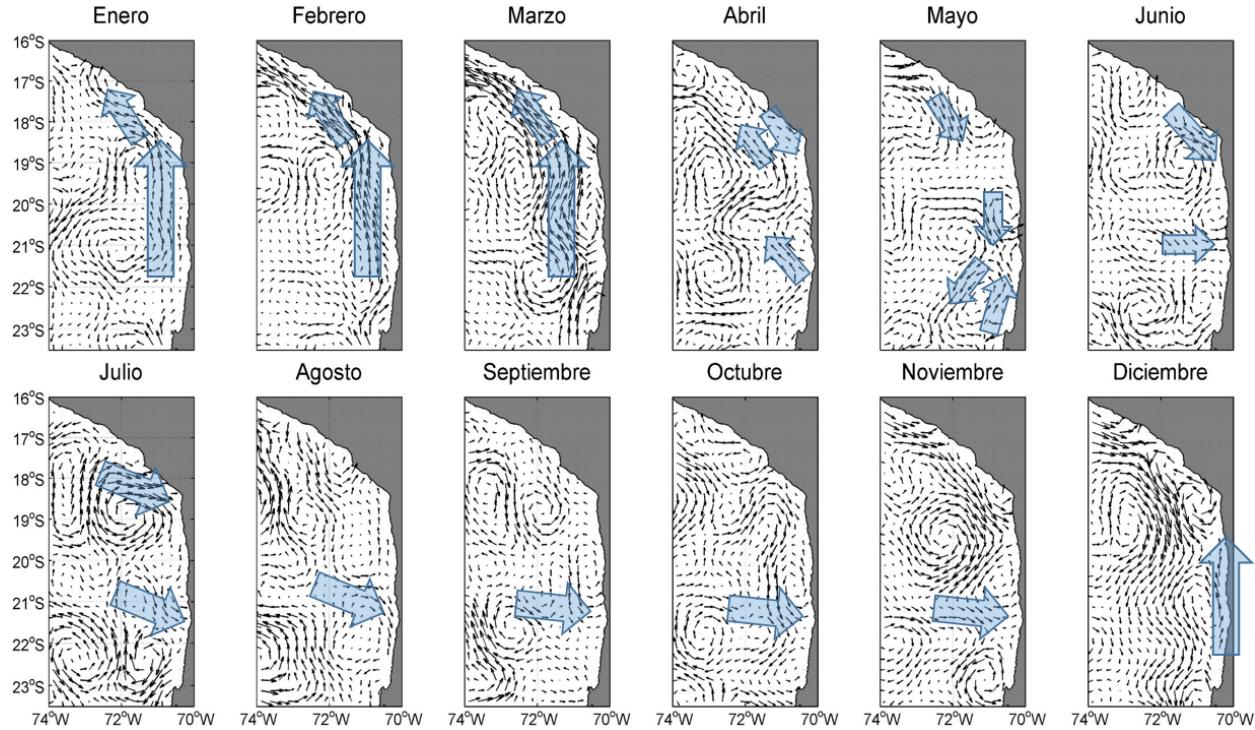


Figura 8: Modelo conceptual que muestra la distribución promedio de las corrientes señalando los CAB y los patrones de circulación que favorecerían el transporte hacia el norte de los productos del desove.

## PESQUERÍA

### Desembarques

Durante el año 2017, el desembarque de anchoveta correspondiente de manera agregada al sur del Perú y norte de Chile fue de 0.399 millones t. Esta cifra fue 51 % menor a la registrada en 2015 (0.809 millones t) y 36 % inferior al promedio 1980-2015 (1.259 millones t). El rango inter-cuartílico de los desembarques registrados durante todo este periodo fue definido por los valores Q1 (25 % de los datos) = 0.683 millones t y Q3 (75 % de los datos) = 1.704 millones t, mientras que la mediana fue estimada en Q2 (50 % de los datos) = 1.134 millones t. El año con el nivel de desembarque más alto fue 1994 con 2.794 millones t, mientras que en dicho año, junto con 1989, 1992, 1995, 1995, 1997, 2002, 2004, 2007 y 2011, se superó el Q3. Por el contrario, el año con el nivel más bajo de desembarque fue 1983 con solo 390 t, mientras que en dicho año, junto con 1980, 1982, 1984, 1985, 1987, 1998, 2003 y 2016, no se alcanzó el Q1 (Cuadro 2, Figura 9).

En la región sur del Perú, desde el 2003 al 2008, la tendencia de los desembarques fue creciente en el primer trimestre del año, asociado al incremento del esfuerzo pesquero debido a las vedas impuestas en la región Norte-Centro (Bouchon, et al. 2008). Durante el 2009 el patrón estacional cambió, observándose las mayores capturas en los últimos meses del año.

En la zona norte de Chile, la pesquería de pequeños pelágicos, ha presentado 3 períodos: el primero de 1955 a 1976, basado casi exclusivamente en la extracción de anchoveta (*Engraulis ringens*), donde se observó un crecimiento sostenido del recurso hasta 1966 alcanzando 1,1 millones de toneladas (ton), para luego registrar una fuerte reducción de las capturas (promedio 1967-1972 de 540 mil ton), siendo más notable posterior al evento El Niño 1972-73, con niveles promedio de 330 mil ton (1974-1976). El segundo período comienza a mediados de la década del 70 y corresponde a una etapa de bajas capturas de anchoveta y un aumento notable en la abundancia de sardina española (*Sardinops sagax*), especie que sostuvo la pesquería hasta fines

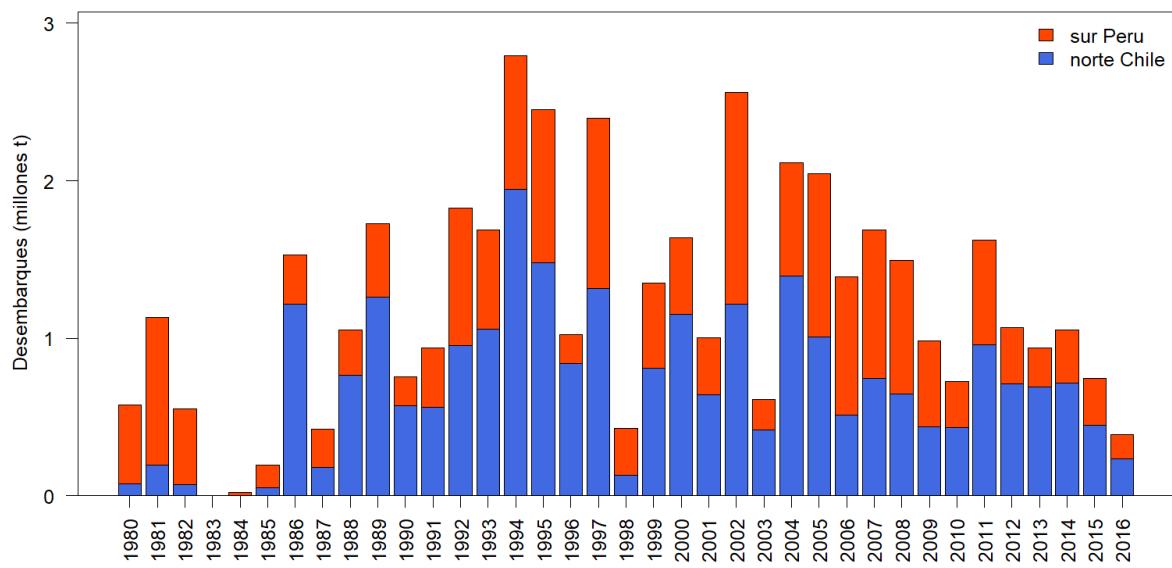


Figura 9: Modelo conceptual que muestra la distribución promedio de las corrientes señalando los CAB y los patrones de circulación que favorecerían el transporte hacia el norte de los productos del desove.

de la década del 80 con capturas promedio de 1,8 millón de ton entre 1978 y 1989. El tercer periodo se centró en la anchoveta y se establece desde mediados de los 80 y se caracteriza por una mayor abundancia y estabilización en las capturas, las que se nivelan en torno a los 1,3 millones de t, cifra que fue disminuyendo para promediar las 600 mil t en el período 2006-2016. La anchoveta representa más del 80 % de las capturas, seguida por jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*).

Cuadro 2: Desembarques de anchoveta (ton) por año en el sur del Perú y norte de Chile.

Año	Sur.Perú	Norte.Chile	Total
1980	497025	78355	575380
1981	937301	196856	1134157
1982	480027	71689	551716
1983	390	0	390
1984	22415	230	22645
1985	146447	51487	197934
1986	312194	1215624	1527818
1987	246469	178789	425258
1988	285636	766279	1051915
1989	462729	1262700	1725429
1990	179939	573628	753567
1991	377537	563311	940848
1992	873180	954882	1828062
1993	631429	1056283	1687712
1994	849189	1944987	2794176
1995	971498	1482111	2453609
1996	183930	840131	1024061
1997	1080682	1318182	2398864

Año	Sur.Perú	Norte.Chile	Total
1998	296924	132956	429880
1999	539371	809672	1349043
2000	483769	1154826	1638595
2001	362595	640292	1002887
2002	1342843	1218470	2561313
2003	193770	417944	611714
2004	721818	1394372	2116190
2005	1038039	604231	1642270
2006	877456	586583	1464039
2007	944826	774962	1719788
2008	846767	726112	1572879
2009	544940	506675	1051615
2010	290583	525828	816411
2011	665825	1069467	1735292
2012	357678	888493	1246171
2013	250430	564054	814484
2014	336344	846546	1182890
2015	294048	514526	808574
2016	155076	233664	388740

### Estacionalidad de los desembarques

El patrón estacional de captura de anchoveta para la zona sur del Perú y norte de Chile indica que los mayores desembarques se producen en el primer semestre. En el sur del Perú las capturas se producen principalmente en el verano y asociadas a un incremento del esfuerzo pesquero, debido a desplazamientos de la flota de la región norte-centro del Perú en épocas de veda. Asimismo, informaciones de cruceros, indican mayor disponibilidad de anchoveta durante el primer semestre en la región sur. En la zona norte de Chile, temporalmente las capturas, se concentran en el primer semestre (50 a 60 %), el segundo semestre la actividad es reducida principalmente por veda reproductiva (agosto - septiembre), escaso ambiente de pesca y/o paralización voluntaria de la flota por presencia de juveniles. Desde el año 2011 se registra un aumento relevante en las capturas posterior a la veda en los meses de octubre y noviembre representando un 30 a 40 % (Figura 10).

### Áreas de pesca

La distribución espacial de las áreas de pesca se analizó para el Sur de Perú para los años 2015 y 2016. Se observó que la flota operó latitudinalmente a lo largo de la región Sur y dentro de las 90 mn. Para el primer trimestre de 2015, la distribución espacial del esfuerzo pesquero estuvo concentrada dentro de las 30 mn. Durante el segundo y tercer trimestre la flota desplegó un mayor esfuerzo de pesca, concentrándose principalmente dentro de las 50 mn y a los largo de la región. Para 2016, se observó un patrón similar pesca al 2015 durante el segundo trimestre, mientras que para el tercer trimestre la flota amplió su esfuerzo pesquero, el cual se vio ampliado hasta las 90 (Figura 11). Para la zona norte de Chile se destacan tres áreas principales de pesca situadas frente a los puertos de operación 1) frente al puerto de Arica, 2) entre Iquique y la desembocadura del río Loa, 3) Bahía de Mejillones y Antofagasta. La distribución espacial de las capturas de anchoveta se registra principalmente entre la costa y las 20 millas de la costa, alcanzando eventualmente más allá de las 60 millas al norte de la zona de estudio durante el invierno austral. Esta distribución muestra dos períodos, antes del 2006 se destacan dos sectores de concentración, el primero ubicado en el extremo norte de la zona de estudio y el segundo localizado entre los 20° y 22° S. Con posterioridad al 2006, localizado hacia el centro de la zona de estudio (20° a 22° S) tendió a desaparecer manteniendo su importancia relativa anual, pero con menores concentraciones, mientras que el sector en el extremo norte se mantuvo, pero disminuyó su extensión latitudinal. (Figura 12).

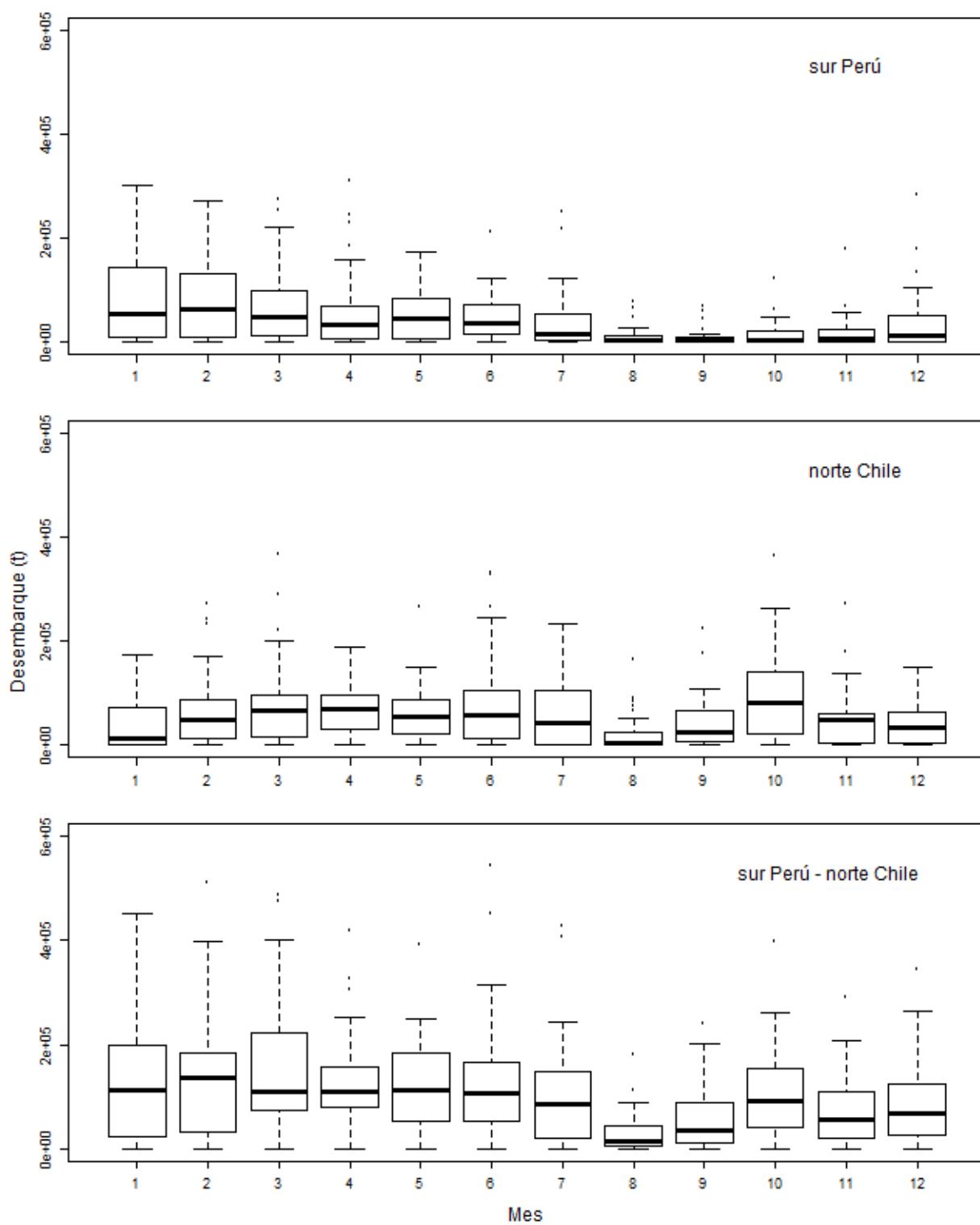


Figura 10: Estacionalidad de los desembarques de anchoveta sur Perú - norte Chile.

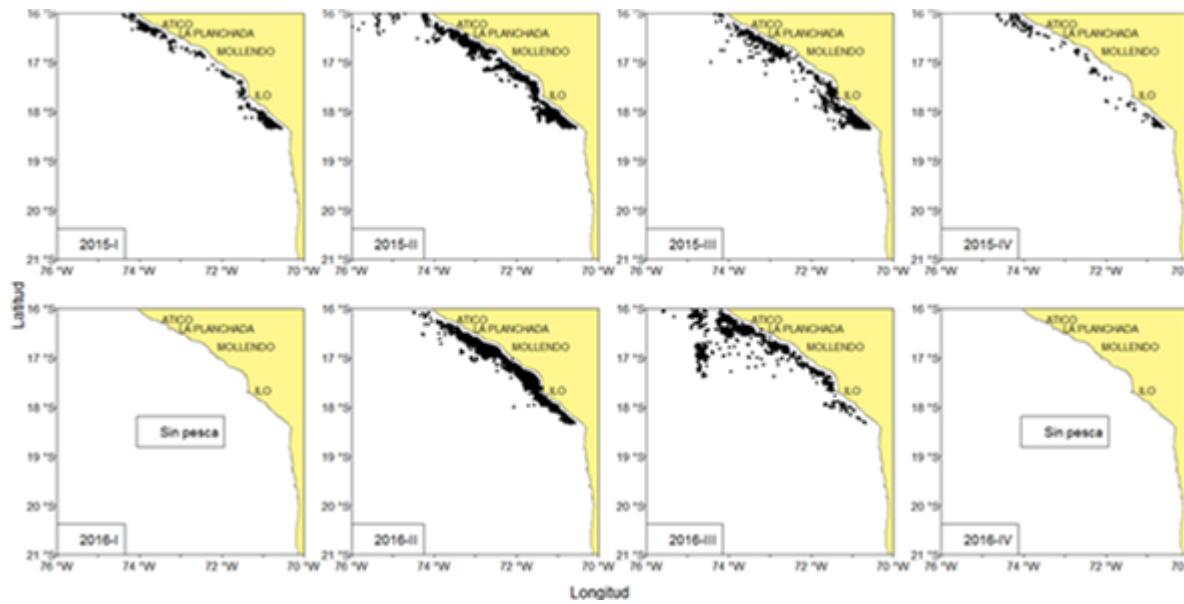


Figura 11: Áreas de pesca de la flota industrial de cerco del sur del Perú, según estaciones, durante 2015 y 2016.

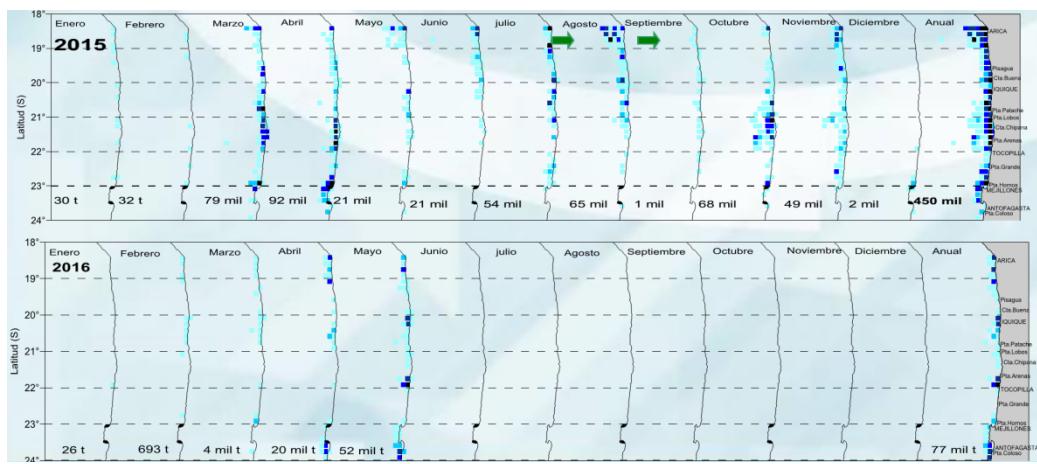


Figura 12: Áreas de pesca en norte de Chile, según meses, durante 2015-mayo 2016.

### Composición por tallas de los desembarques

En general, las tallas de anchoveta han variado entre 7 y 18,5 cm, observándose antes de 1999 estructuras multimodales con grupos centrados en juveniles menores a 11 cm y adultos hasta 17 cm; posterior a 1999 los juveniles tienden a desaparecer de las capturas y se reduce la talla máxima, registrándose en los años 2015 y 2016, tallas que no superaron los 17 cm. En general, las estructuras de anchoveta están conformadas por ejemplares adultos ( $> 12$  cm), con un aporte de reclutas bajo y escasa presencia de ejemplares juveniles (años 2003, 2006, 2009 y 2010). La estructura por tamaños de anchoveta en el periodo 2005 - 2009, muestra diferencias en los grupos modales de las capturas en ambas pesquerías. La moda de los adultos en la pesquería del Perú es en general 1 ó 2 centímetros menor que en el norte de Chile. Durante el 2009, la composición por tamaños fue mayormente adulta. En el sur del Perú, se observó el ingreso de reclutas, principalmente entre diciembre del 2008 a febrero del 2009, lo cual generó la presencia de individuos adultos el resto del año (Figura 7).

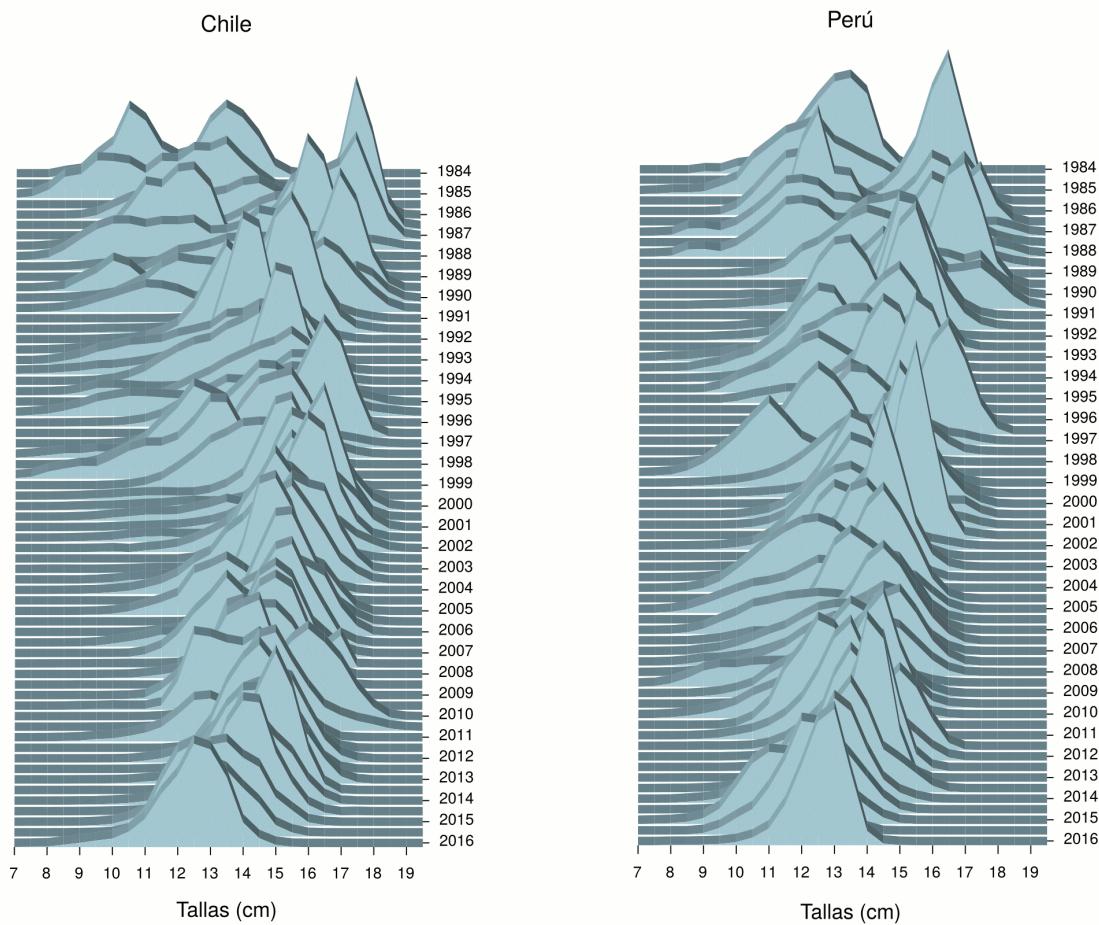


Figura 13: Composición por tallas anual de los desembarques de anchoveta del sur de Perú y norte de Chile durante 1984 - 2016.

## **Esfuerzo pesquero y CPUE**

El esfuerzo pesquero en la zona se mide a través de viajes con pesca (vcp) y capacidad de bodega desplazada ( $Cb \times vcp$ ). En este sentido los viajes con pesca presentan una tendencia creciente entre 1986 -1996 con un promedio de 8.865 vcp, luego una estabilización con 9.729 vcp, a partir del año 2006 los viajes con pesca presentan una disminución alcanzando en promedio los 6.000 vcp. En relación a la capacidad de bodega desplazada esta presenta una tendencia creciente alcanzando un máximo de  $4,5 \times 10^6 Cb \times vcp$  en 1995, posterior al año 1996 una alta variabilidad con valores promedios de  $3,57 \times 10^6 Cb \times vcp$ , al igual que los vcp se registra una tendencia negativa con  $3 \times 10^6 Cb \times vcp$  en promedio. Los rendimientos de pesca ( $t/vcp$ ) se mantienen relativamente altos y constantes dado a la dinámica de la flota, la cual opera de forma contagiosa favoreciendo la búsqueda por un número reducido de naves y la operación masiva está sujeta al resultado positivo en la búsqueda.

## **Tamaño y composición de la flota**

La flota pesquera de la zona Arica- Antofagasta está compuesta por embarcaciones industriales y artesanales las que han mostrado una diferente evolución en términos del número de embarcaciones. Las naves industriales han mostrado un crecimiento alcanzando en promedio 186 naves con 49 mil  $m^3$  entre 1987 y 1990. Luego, de 1994 a 1997 se detecta un descenso de la flota reflejado por un promedio de 140 barcos ( $308 m^3$  de bodega promedio), número que disminuyó a partir de 1999 donde se inició una reorganización de las principales empresas, optimizando su esquema de operación, reasignando las naves entre los puertos bases y operación de naves eficientes con menor gastos de mantención, situación acelerada con la regulación a fines del 2002 de cuotas de captura y Límites Máximos de Captura por Armador. En los últimos años esta situación se tradujo en una fuerte concentración de la flota, llegando a operar un promedio de 81 embarcaciones ( $385 m^3$ ) entre 2002 al 2008 para disminuir a 60 naves entre 2009 y 2016, pero con una mayor capacidad de bodega ( $423 m^3$ ). En la actualidad las embarcaciones presentan una capacidad de bodega entre 330 a 960  $m^3$  y eslora total entre 30 a 49 m. En la Zona Norte prima la plantilla americana, esto dado las mejores condiciones meteorológicas que se presenta en esta área de estudio. El diseño americano se caracteriza por tener el puente y sala de máquinas a proa y la bodega entre el alcázar y la toldilla. La popa es ancha y despejada, lo que le permite adujar la red en forma adecuada y sirve de plataforma a la embarcación auxiliar (panga). Estas embarcaciones utilizan redes anchoveteras con tamaño de malla 3/4 y 5/8 pulgadas y entre 23 y 28 cuerpos de red, con una altura de relinga de flotadores que oscila de 350 a 470 brazas y una altura que fluctúa entre 65 y 70 brazas.

Las naves artesanales presentan una tendencia creciente entre 1980 a 2002, alcanzando una estabilización en el número de embarcaciones, operando anualmente entre 100 a 120 naves, con capacidad de bodega entre 4 y 95  $m^3$  de capacidad de bodega, siendo el promedio de  $55 m^3$ . La eslora total fluctuó entre 8 a 18 m, con un promedio de 15 m.

## **Medidas de administración**

En Chile, la pesquería de anchoveta de las Regiones XV, I y II se encuentra bajo régimen de Plena Explotación y en consonancia el otorgamiento de nuevos permisos para la pesca artesanal o industrial está suspendido. Desde el 2001, el esquema de asignación de cuota para el sector industrial es el de Límite Máximo de Captura por Armador y para el sector artesanal existe el fraccionamiento de la cuota por región. Otras medidas de manejo en Chile son las vedas móviles para proteger los procesos biológicos de reclutamiento y reproductivo. Por último, mediante resoluciones de SUBPESCA se permite el acceso “excepcional” a embarcaciones industriales para que pesquen anchoveta dentro de las primeras 5 millas náuticas que normalmente se reservan para la pesca artesanal. Mediante el D. EX. N° 749 de 29 de julio de 2013 se establece la veda biológica para el recurso anchoveta en el área marítima comprendida entre el límite norte de la XV Región y el límite sur de la II Región, la que rige en un periodo referencial comprendido entre el 1º de junio de cada año y el 31 de enero del año calendario siguiente. Por su parte, los valores que activan efectivamente la veda corresponden a la ocurrencia simultánea de un IAD ??? 25 % y un IGS  $\geq 6\%$  durante dos semanas, sean o no sucesivas. No

obstante, si al 24 de agosto del año calendario respectivo el criterio de inicio de veda no ha sido alcanzado, regirá automáticamente una veda fija por 45 días corridos entre el 25 de agosto y el 8 de octubre, ambas fechas inclusive. Por su parte, si posterior a la veda efectiva se verifica la aparición de un valor  $IAD \geq 35\%$ , durante el periodo referencial, regirá una veda por un periodo máximo de 10 días corridos, a partir del lunes siguiente a la publicación del reporte. Para la veda reproductiva actualmente no existe un decreto, sin embargo, se ejecuta una paralización voluntaria de la flota cuando se evidencia una alta participación de juveniles en la zona. Hasta la fecha esta vigente un criterio experto que señala “Si durante 2 días consecutivos, la estructura de talla de anchoveta, ponderada a la captura presenta un valor  $\geq 25\%$  de ejemplares menores de 12,0 cm, en cualquiera de las zonas, siempre que la captura fluctúe de 500 a 700 t diarias”, criterio que en la última década no se aplica por la baja aparición de juveniles debido al evitamiento de la flota a zonas de juveniles o paralización voluntaria. Recientemente se presentó al comité científico y de manejo un nuevo criterio el que señala “Si la proporción de ejemplares  $\leq 11,5$  cm (ponderada a la captura), en un período de 3 semanas entre un 10% - 15% en 2 semanas (sucesivas o no), se activa la veda por 30 días” dentro del periodo referencial entre octubre a marzo. Si al 31 de diciembre los criterios no han sido alcanzados, se establece automáticamente una veda en la XV - I Región.

En el Perú, el manejo de la anchoveta peruana está centrado en la sostenibilidad del recurso, por lo que las cuotas globales de captura y las vedas biológicas han sido las medidas de manejo más utilizadas. La administración de la pesquería de anchoveta ha evolucionado desde un acceso abierto con cuotas globales, hasta un sistema de cuotas individuales por embarcación denominado “Límites máximos de captura por embarcación” (D. Ley 1084) en el 2008, que empezó a ser efectiva para el stock sur de la anchoveta a partir de la primera temporada de pesca del 2009 (R.M. 249-2009-PRODUCE), correspondiente al periodo julio a diciembre del 2009.

Durante el 2016, se tuvo dos temporadas de pesca de anchoveta en la región sur de Perú, la primera entre febrero a junio (R.M. 017-2016-PRODUCE) y la segunda de julio a diciembre (R.M: 242-2016-PRODUCE). Debido a la alta incidencia de juveniles durante el año se recomendaron vedas precautorias que alcanzaron a 20, entre vedas cortas (de 5 días) y suspensiones preventivas (de 2 días), protegiéndose 24 áreas diferentes en 78 días.

Durante el 2017, igualmente se ha tenido dos temporadas de pesca de anchoveta en la región sur de Perú, la primera de enero a junio (R.M. 010-2017-PRODUCE) y la segunda, en ejecución de julio a diciembre (R.M. 306-2017-PRODUCE). En este periodo como medida precautoria se recomendaron, una veda (de 22 días) y 19 suspensiones preventivas (de 2 días), protegiéndose 22 áreas diferentes en 80 días.

## **DINÁMICA POBLACIONAL BASADA EN CRUCEROS**

### **Evaluación hidroacústica del reclutamiento de la anchoveta en la XV, I y II Regiones (RE-CLAN)**

Se presentaron los resultados de tamaño y distribución del stock de anchoveta estimado en cruceros de evaluación directa realizadas entre los años 1996-2002 y 2007-2016 en la zona comprendida desde el límite norte de Chile hasta la latitud 24°40'S hasta una distancia de 20 millas náuticas de la costa. Los cruceros de prospección de tipo ecosistémico se han desarrollado a bordo del BI Abate Molina (Figura 14), contándose además con la participación de una embarcación artesanal de bajo calado, que opera en el sector más costero comprendido entre las latitudes 21° y 22°S. El BI Abate Molina está equipado con un sistema acústico marca Simrad EK60 con transductores de frecuencias de 18, 38, 120 y 200 kHz, y la lancha artesanal con un sistema EK60 con un transductor de 38 kHz. Ambos sistemas son calibrados previos al inicio del estudio según las recomendaciones de su fabricante.

En la Figura 15 se muestra el plan de muestreo del crucero, este ha consistido en una red de 40 transectas perpendiculares a la costa separadas por 10 millas náuticas entre cada una y muestreo dirigido al sector más costero mediante una lancha pesquera artesanal. Mientras se desarrollan las transectas de muestreo acústico, se realizan lances de pesca de identificación con una red de mediagua en el BI Abate Molina y red de cerco en la nave artesanal. Además del muestreo acústico, se efectúan otras actividades asociadas a muestreos



Figura 14: Buque de investigación Abate Molina.

biológicos de los lances de pesca de identificación, muestreo oceanográfico y muestreo de fito y zooplancton (Figura 16). Los muestreos oceanográficos cada dos transectas en estaciones realizadas a 1, 5, 10 y 20 millas náuticas.

Los datos acústicos son grabados en formato .raw y procesados mediante el software Echoview(R). El análisis de la información se realiza estratificando el área prospectada de acuerdo a la composición de la estructura de tallas observada en los lances de pesca (Figura 17), la relación  $TS = 20,89 \times \log(L) - 74,548$  y la relación longitud peso estimada para cada crucero.

$$\begin{aligned}\hat{A}_k &= A\hat{C}_{nk}\hat{R}_k \\ \hat{B}_k &= \hat{A}_k\hat{\bar{w}}_k \\ \hat{A}_T &= \sum_k \hat{A}_k \\ \hat{B}_T &= \sum_k \hat{B}_k\end{aligned}$$

siendo:  $A_T$  la abundancia total,  $A_k$  la abundancia a la talla  $k$  ( $N^{\circ}$ ),  $A$  el área de distribución del recurso en el sector ( $mn^2$ ),  $C_{nk}$  el coeficiente de ecointegración a la talla,  $W_k$  el peso medio a la talla,  $B_t$  la biomasa total,  $B_k$  biomasa a la talla  $k$  y  $R_k$  el estimador de la densidad acústica a la talla  $k$  (SA).

Los resultados se entregan para cada estrato (Figura 18) y en ellos se incorporan la fracción de reclutas, el área de cada estrato, la densidad promedio y el aporte de cada estrato al estimado total de la zona prospectada.

La densidad acústica promedio se estima mediante el uso del método geoestadístico intrínseco, metodología que considera, a través de la estimación de un variograma, de la distribución espacial de los datos y su grado de correlación. La distribución espacial de la anchoveta se estima a partir de las densidades locales e interpoladas mediante el ponderador del inverso de la distancia al cuadrado (Figura 19).

Los resultados de la distribución muestran una disminución del área de distribución efectiva del recurso a partir del año 2011, asociado a una concentración más costera de la anchoveta en relación con la observada en la década anterior y es concordante con una distribución asociada a un periodo cálido. Los aspectos que

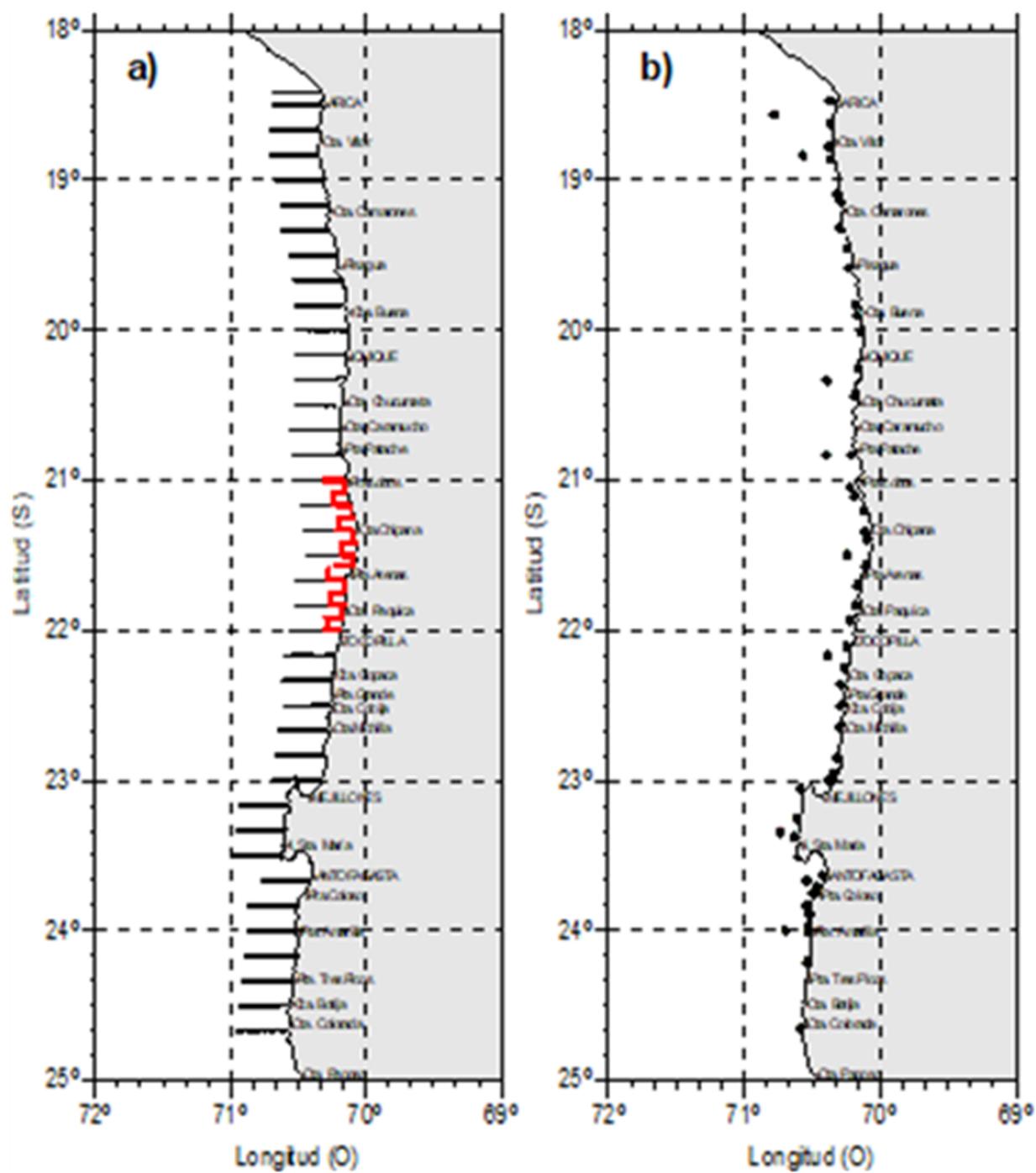


Figura 15: a) Plan de muestreo acústico y, b) Lances de pesca de identificación.



Figura 16: Actividades realizadas a bordo del BI Abate Molina.

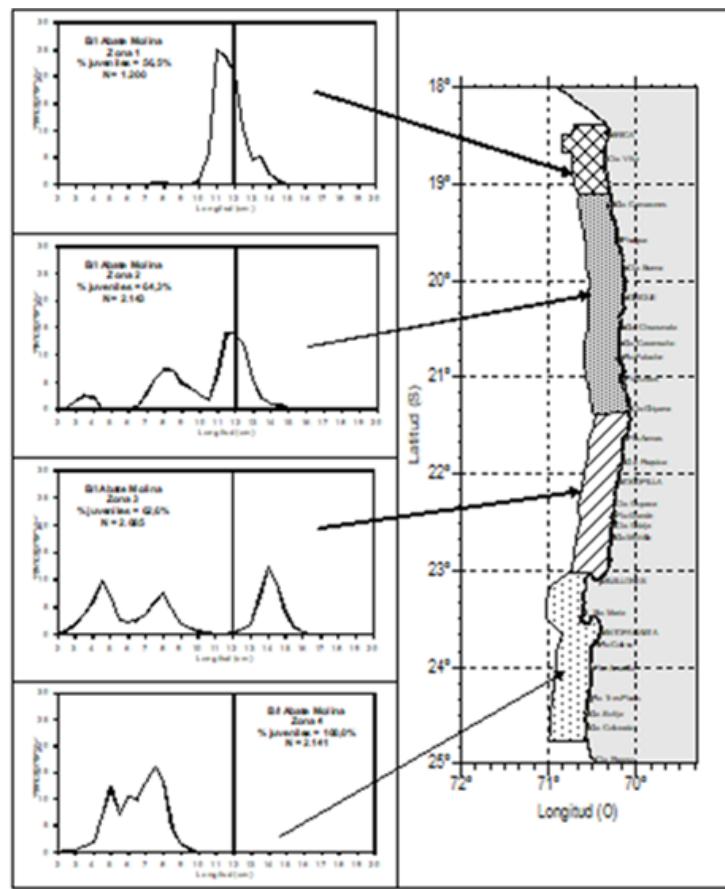


Figura 17: Esquema de estratificación por estructura de tallas.

## RESULTADOS

### ABUNDANCIA (MILLONES DE EJEMPLARES)

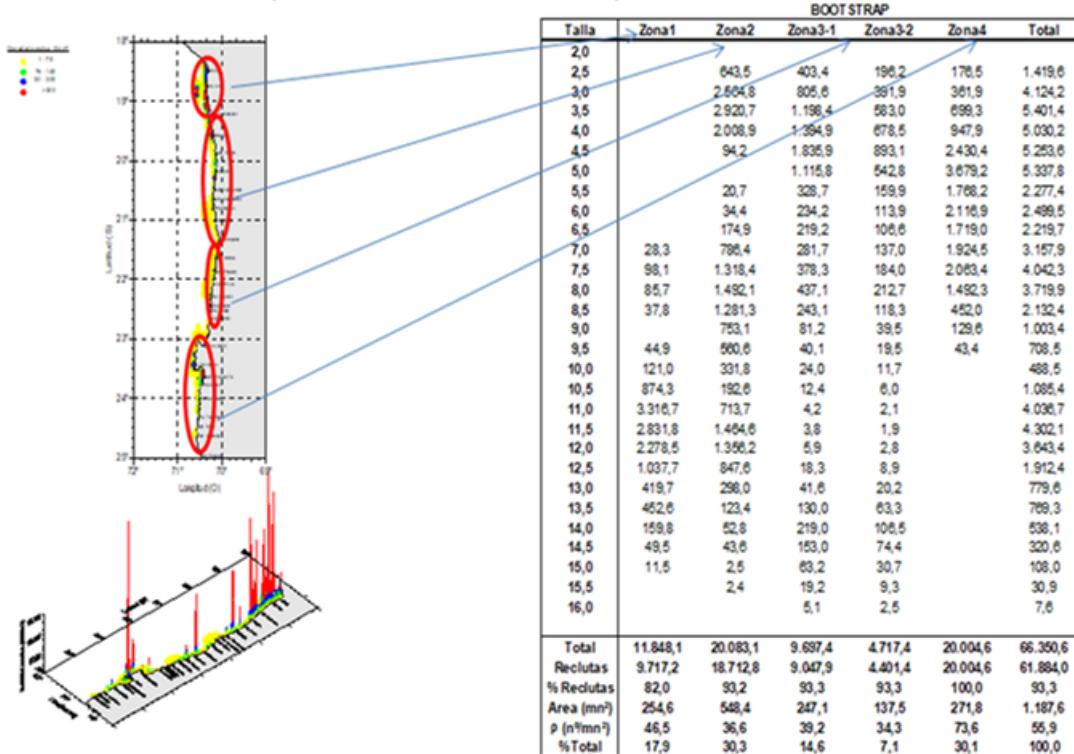


Figura 18: Esquema de entrega de resultados.

podrían mejorar los resultados de este estudio, es efectuar mediciones de fuerza de blanco y disponer de embarcaciones de bajo calado, lo que permitiría incorporar pequeñas bahías y caletas al área de estudio.

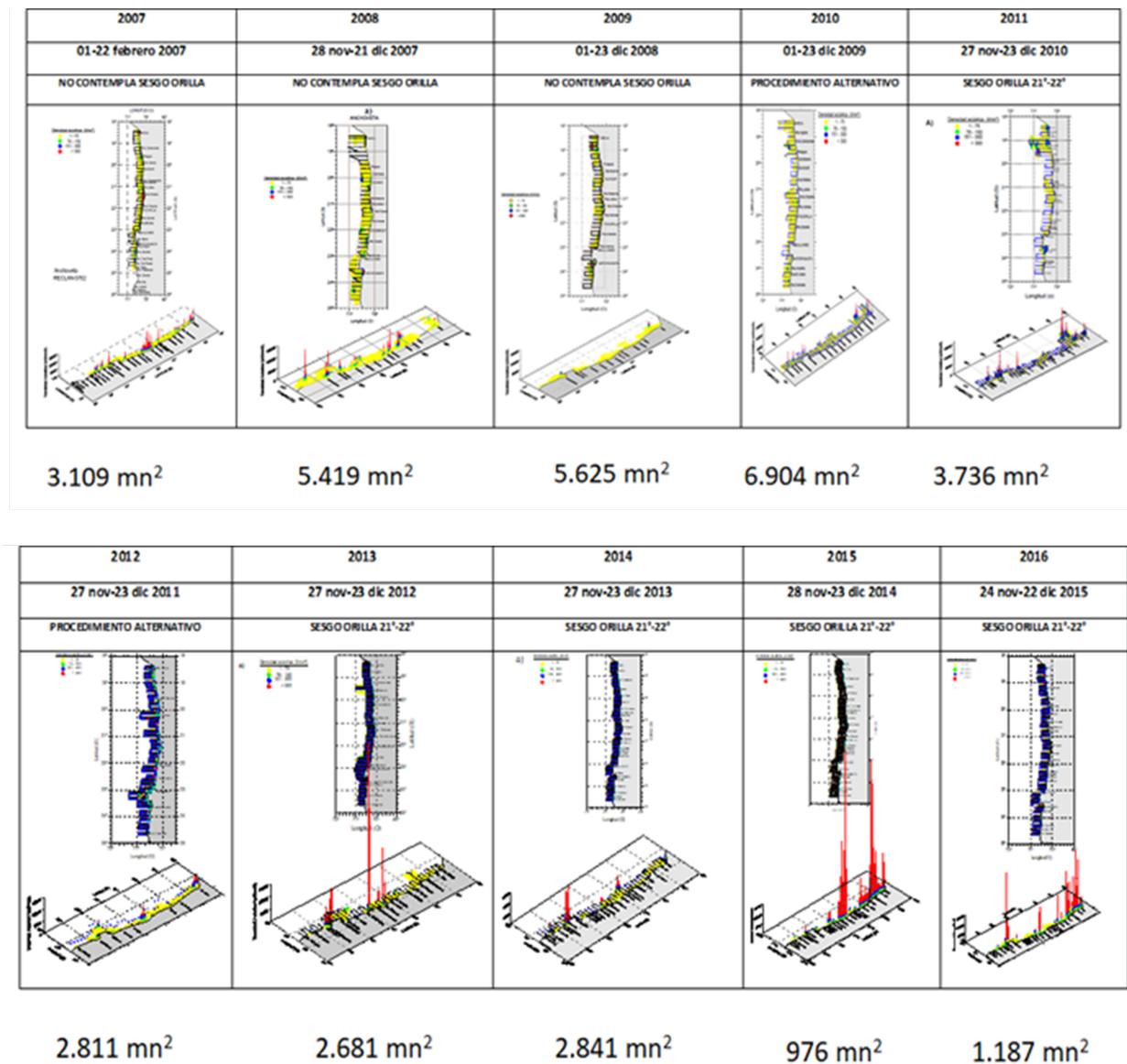


Figura 19: Distribución espacial de la anchoveta según Crucero.

### Método de Producción de Huevos (MPH) en el norte de Chile

En relación al monitoreo del stock desovante de anchoveta, el detalle metodológico respecto a las estimaciones de producción diaria de huevos, área de desove, proporción de hembras, fracción diaria de hembras desovantes, fecundidad parcial y peso promedio de hembras se encuentra en Claramunt et al. 2013.

Entre agosto y septiembre del 2014 se realizó el crucero de método de producción de huevos (MPH), cuya estimación de biomasa desovante en base al estimador multinomial alcanzó un valor de 437 mil toneladas. En el año 2015 la estimación de biomasa desovante alcanzó las 525 mil toneladas en base al estimador multinomial y de 436 mil toneladas en base al estimador de Lo.

Para la caracterización de las zonas de desove se empleó la información generada a partir de muestras de zooplancton, las que se obtuvieron en el marco de 4 proyectos realizados en la zona norte de Chile ( $18^{\circ}25'S$ - $26^{\circ}00'S$ ) cuyo extensión costa-océano (en dos de los cuatro casos) abarcó hasta las 100mn. Tanto la extensión de la serie de datos como los objetivos principales de cada proyecto fueron distintos (MPH, MOBIO, RECLAN, EV Jurel zona Norte) y la mayor parte ellos se efectuaron durante en el periodo de primavera-otoño de cada año.

Los resultados describen la existencia Centros de Actividad Biológica (CAB), definidos como sectores específicos de la costa cuyos rasgos topográficos promoverían el desarrollo de una elevada actividad biológica de poca variación estacional. En este sentido se destacó la concordancia entre la distribución espacial exhibida por los máximos de abundancia de zooplancton y la mostrada por aquellos sitios donde la probabilidad de encuentro de huevos de anchoveta fue mayor (sitios de desove recurrentes), aspectos considerados como característicos de los CAB (Espíndola submitted).

Con el propósito de destacar la estabilidad en la dinámica local asociada a los CAB se describió la detección de huevos de anchoveta asociada a estas zonas, donde las condiciones de temperaturas y salinidad permanecieron comparativamente más bajas que en su entorno, pese a que las mediciones se hicieron dentro del periodo de mayor intensidad de EN 2015-16 a nivel ecuatorial (RECLAN Dic-2015).

Finalmente se describió la variación temporal y espacial de la abundancia de huevos de anchoveta en tres estaciones de monitoreo en la zona norte de Chile durante el desarrollo EN 2015-16 y se destacó la detección de cambios en la distribución temporal y espacial de la abundancia de huevos empleando como parámetros de referencia (Series Mensuales de Referencia) la distribución promedio mensual y la proporción de huevos en las tres estaciones considerando solo los periodos neutros. En este contexto, la distribución mensual de huevos (SMR) en las estaciones de monitoreo se ajustó al patrón de corrientes descrito para zona de estudio.

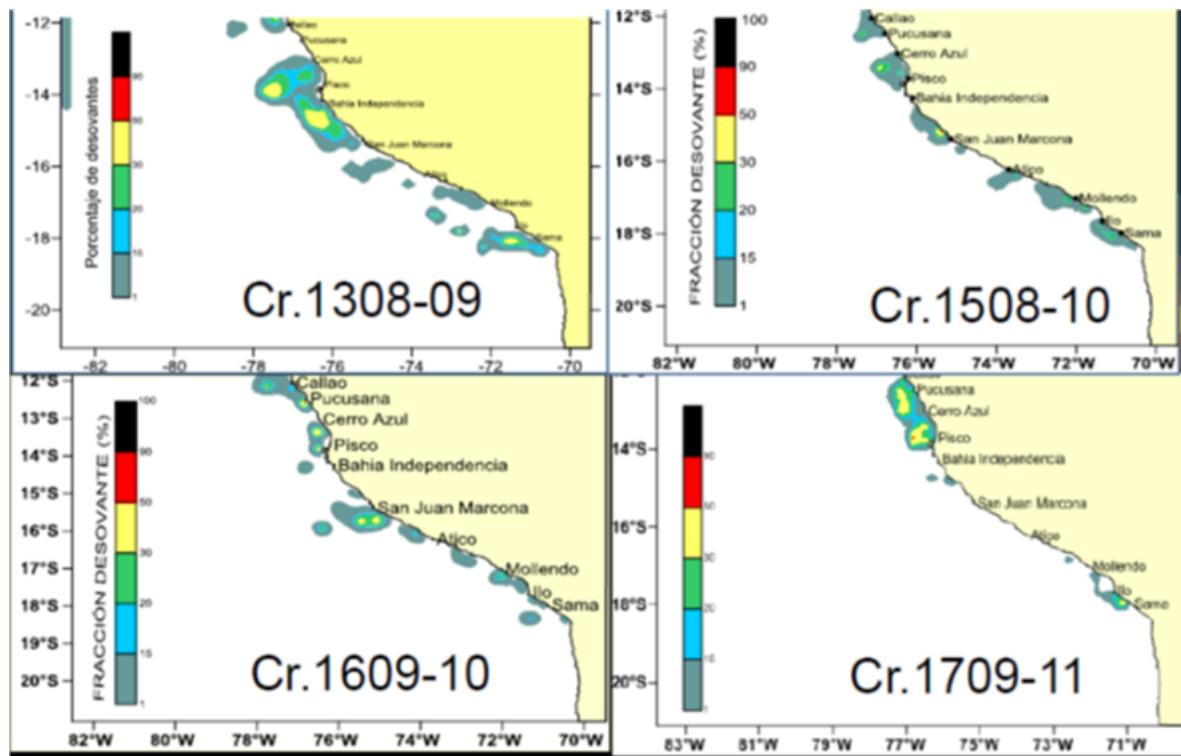


Figura 20: Estimación de la biomasa desovante para la región Sur de Perú.

Los cambios estuvieron dados por la detección de importantes pulsos reproductivos en los meses de verano (diciembre y febrero) y mayores abundancias de huevos hacia las estaciones ubicadas en el centro y sur de la zona de estudio, acorde a lo descrito en la literatura. Adicionalmente, estas observaciones concordaron con

distribución de huevos esperada en base a los resultados derivados del análisis discriminante, el que considero como variables explicativas de la distribución de huevos la temperatura y la salinidad. En este contexto se hizo referencia a las observaciones de campo en el marco del proyecto MPH 2014, donde se detectaron anomalías de salinidad superficial pero no de temperatura y la distribución de huevos se ajustó a la descrita por el modelo.

La señal anual de SMR concordó con la señal de los índices gonadosomaticos (IGS) por lo que el monitoreo mensual de huevos recogería adecuadamente la señal anual del proceso reproductivo debido a la ubicación de las estaciones de monitoreo (en los CAB). Adicionalmente, la señal del proceso reproductivo de la anchoveta presento sincronía con la observada en otros componentes del ecosistema (zooplancton). Se plantea la importancia del monitoreo permanente de las condiciones ambientales y sus consecuencias biológicas en los CAB, así como la promoción de estas zonas como sitios prioritarios para la conservación de los recursos hidrobiológicos.

Se plantea la importancia del monitoreo permanente de las condiciones ambientales y sus consecuencias biológicas en los CAB, así como la promoción de estas zonas como sitios prioritarios para la conservación de los recursos hidrobiológicos.

Respecto a la distribución de cardúmenes desovantes de anchoveta en el sur del Perú, se observó en los cruceros de investigación realizados en primavera, la presencia de dichos cardúmenes en la Región sur del Perú, ubicados principalmente en la zona entre Ilo y Morro Sama en los años 2013, 2015 y 2017. En el año 2016, estos cardúmenes se ubicaron principalmente frente a San Juan (Figura 20).

### **Estimación acústica de la biomasa de anchoveta en el sur de Perú**

En el sur del Perú, la biomasa de anchoveta es estimada por el método acústico de acuerdo al procedimiento establecido en Castillo et al (2009). Los principales resultados que se obtiene como parte de este proceso son la abundancia por tallas del stock y la biomasa de la anchoveta. También se obtiene información sobre la biología reproductiva, condición somática, ecología trófica, edad y crecimiento. Adicionalmente se obtiene información sobre la biomasa de otras especies y sobre las condiciones oceanográficas del área evaluada.

En enero 2015, la biomasa de anchoveta en el sur de Perú fue estimada en 0.607 millones ton, cifra 2.5 veces superior a la registrada en el invierno del año anterior (0.244 millones ton) pero muy similar a la estimada en el verano de ese mismo año, además está cifra fue muy parecida al promedio de todas las estimaciones realizadas durante el periodo 1984-2014 (0.621 millones ton).

El rango inter-cuartílico de los valores estimados durante todo este periodo fue definido por los valores Q1(25 % de los datos)=0.192 millones ton y Q3(75 % de los datos)=0.745 millones ton, mientras que la mediana fue estimada en Q2(50 % de los datos)=0.502 millones ton. El periodo con el nivel de biomasa más bajo fue la primavera de 2008 con 2 mil ton, mientras que el periodo con el nivel de biomasa más alto fue el verano de 1995 con 2.668 millones ton (Figura 21).

## **PARÁMETROS DE HISTORIA DE VIDA**

### **Edad y Crecimiento**

La información referida a edad y crecimiento de la anchoveta del stock sur Perú-norte Chile da cuenta, para la fracción del stock del sur de Perú, de estimaciones de parámetros de crecimiento basados en la lectura de edad en años. Estos resultados muestran un crecimiento rápido ( $K=0,8$ ) con una edad máxima de 3 años. Por el contrario, para la fracción del stock del norte de Chile, la validación y el análisis de la edad en días, muestra parámetros de crecimientos que indican un crecimiento muy rápido ( $K=1,09$ ) edad máxima probable de 2 años (Cuadro 3).

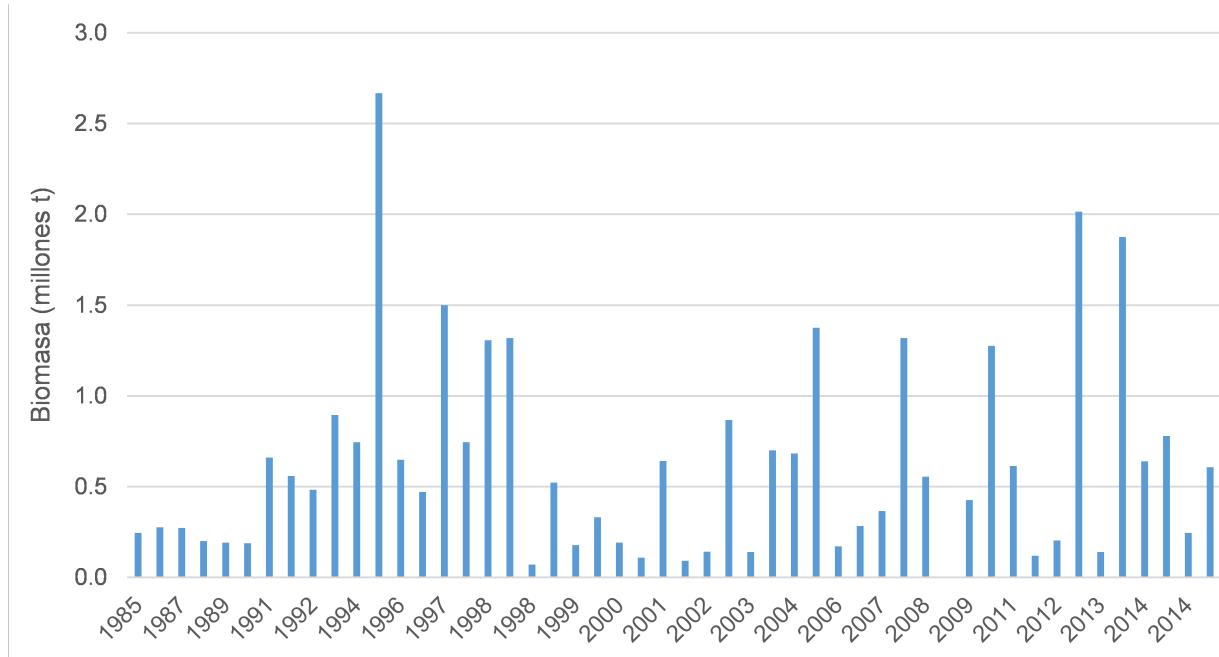


Figura 21: Biomasa de anchoveta estimada por el método acústico en el sur de Perú durante el periodo 1984-2015.

Cuadro 3: Parámetros de crecimiento von Bertalanffy convencional que ajusta la relación talla-edad (años) para el sur de Perú y von Bertalanffy estacional que ajusta la relación talla edad (días) para el norte de Chile.

Parámetros	Sur.Perú	Norte.Chile
Linf	18.5	22.00
K	0.84	1.09
t0	-0.3	-0.21
C	-	0.28
ts	-	21.90

Estas diferencias hacen necesario trabajar en conjunto estudios que permitan replicar la validación de la edad, utilizando otolitos de la fracción del stock del sur del Perú, a partir del análisis de la microestructura de otolitos. Otro aspecto importante de revisar en conjunto es la determinación de unidades poblacionales, inicialmente a través de la aplicación de un estudio de morfometría de otolitos, con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en la estructura de los stocks de Chile y Perú, en periodos fríos (NIÑA) y cálidos (NIÑO). Se sigue realizando esta actividad durante el 2017, quedando la responsabilidad en los investigadores Carlos Goicochea (IMARPE) y Francisco Cerna (IFOP). En este mismo sentido IMARPE ofreció la posibilidad de replicar para los stocks de Perú, otras metodologías de determinación de unidades poblacionales, distintas de la morfometría, que estén siendo aplicadas en Chile. Para avanzar en esto IFOP compartió con IMARPE las metodologías de química de otolitos, análisis de parásitos.

### Aspectos reproductivos

Los procesos reproductivos de la anchoveta en el sur del Perú son monitoreados a partir de dos variables: la actividad reproductiva (proporción de hembras con ovocitos maduros y desovantes) y el índice gonadosomático (peso de la gónada en relación al peso eviscerado de los individuos). A partir de estas variables se ha determinado que la mayor actividad reproductiva se presenta durante agosto, setiembre y octubre y que los meses de menor actividad reproductiva corresponden a abril y mayo. Así mismo, se ha podido establecer que la actividad reproductiva se inicia cuando el porcentaje de hembras con ovocitos maduros y desovantes supera el 80% o cuando el índice gonadosomático supera el valor de 5. Durante los últimos años se ha podido observar procesos reproductivos con una intensidad superior al promedio (inviernos de 2009, 2010 y 2013) y así como procesos con una intensidad menor al promedio (inviernos 2011 y 2012). Del mismo modo también se podido observar que en el 2012 y 2013 se evidenció el proceso reproductivo de verano (Figura 22).

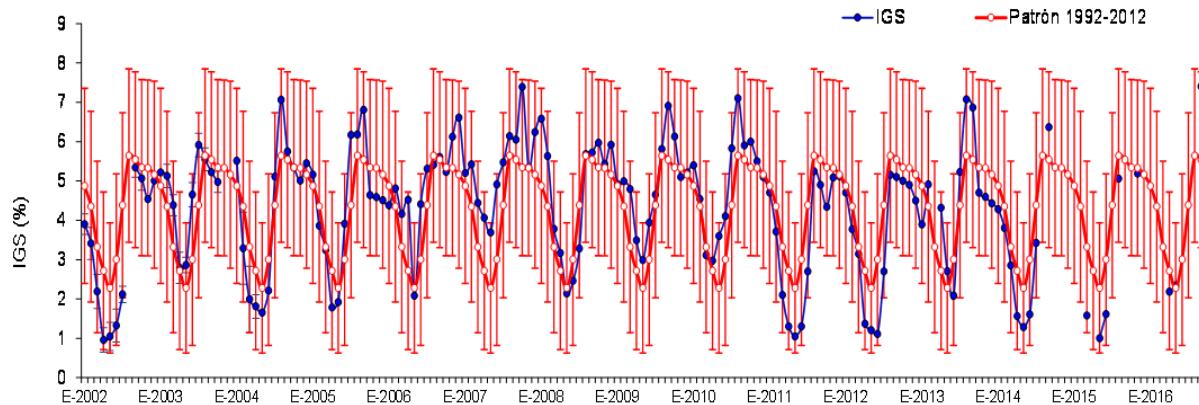


Figura 22: Serie mensual del índice gonadosomático (IGS) estimado para la anchoveta del sur de Perú.

En el norte de Chile el proceso reproductivo de anchoveta presenta un patrón estacional con una máxima actividad entre agosto y octubre y una mínima actividad en abril. Este patrón puede adelantarse o retrasarse por el impacto de condiciones ambientales favorables o desfavorables. En caso de presentarse el evento El Niño (condiciones cálidas) se registra una menor intensidad y un retraso en el comienzo de la actividad reproductiva (Figura 23).

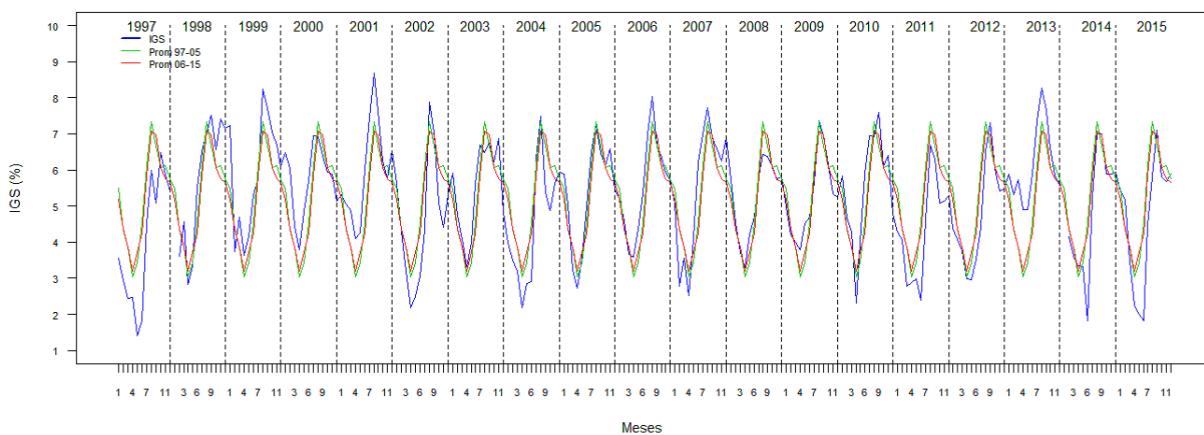


Figura 23: Serie mensual del índice gonadosomático estimado para la anchoveta del norte de Chile.

## **Mortalidad natural**

En el sur del Perú históricamente se ha utilizado un valor de mortalidad natural (M) único para todos los grupos de edad y períodos de tiempo igual a 0.8 por año. Desde el 2012 se ha sugerido el uso de valores diferenciados por talla y escenario ambiental. Esta sugerencia proviene de Oliveros-Ramos (2011).

En el norte de Chile los últimos estudios dan un valor de 2.2 anual para la tasa de mortalidad natural (M), valor usado como constante para todas las edades y años. Este valor fue calculado en base a los diferentes modelos bio-analógicos existentes y para cada semestre se utiliza el valor de 1.1 por semestre.

## **Unidades poblacionales**

Otro aspecto importante de revisar en conjunto es la determinación de unidades poblacionales, inicialmente a través de la aplicación de un estudio de morfometría de otolitos, con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en la estructura de los stocks de Chile y Perú, en períodos fríos (La Niña) y cálidos (El Niño). Se sugiere realizar esta actividad durante el 2017, quedando la responsabilidad en los investigadores Carlos Goicochea (IMARPE) y Francisco Cerna (IFOP). En este mismo sentido IMARPE ofreció la posibilidad de replicar para los stocks de Perú, otras metodologías de determinación de unidades poblacionales, distintas de la morfometría, que estén siendo aplicadas en Chile. Para avanzar en esto IFOP compartió con IMARPE las metodologías de química de otolitos, análisis de parásitos.

## **MODELOS DE EVALUACION DEL STOCK**

La evaluación de stock de Anchoveta del Sur del Perú y Norte de Chile fue actualizada hasta diciembre del 2017. Se emplearon dos enfoques: biomasa dinámica (MBD) y modelo integrado estructurado a la edad (plataforma Stock Synthesis SS3). Para el caso de los modelos de biomasa dinámica, se emplearon los modelos desarrollados por Martel y Froese, y Zhou, además del SS3 con un enfoque MBD (sin datos de captura a la talla).

### **Modelos de biomasa dinámica**

La información utilizada para la evaluación consistió en las capturas de anchoveta realizadas en el área sur del Perú y norte de Chile. Además para el Modelo Stock Synthesis se utilizaron los índices de abundancia provenientes de la evaluación hidroacústica del reclutamiento de la anchoveta en la XV, I y II Región del norte de Chile (RECLAN), el Método de Producción de Huevos (MPH) y la evaluación acústica en el sur de Perú.

#### **Martel y Froese**

Se aplicó el método de Martell y Froese (2012) para estimar la serie biomasa, la tasa intrínseca de crecimiento poblacional, la capacidad de carga y el punto biológico de referencia RMS. Para este modelo solo se utilizaron las capturas del sur del Perú ( $16^{\circ}\text{S}$  -  $18^{\circ}\text{S}$ ) y norte de Chile (XV- II Regiones) del periodo 1984 - 2015. Como valores de entrada para la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) se utilizaron valores a priori con distribución uniforme entre 0.1 - 1.2 y para la capacidad de carga ( $K$ ) valores que oscilaron entre la máxima captura y 10 veces la máxima captura. El proceso de estimación utilizó 3 mil simulaciones.

#### **Zhou**

Se aplicó el método de Zhou et al. (2013) que utiliza sólo las capturas para estimar la biomasa, la tasa intrínseca de crecimiento poblacional, nivel de reducción y puntos biológicos de referencia RMS y FRMS. La información utilizada para estimar los niveles poblacionales para el stock de anchoveta del sur del Perú y norte de Chile (XV-II Regiones) corresponde a los desembarques oficiales entre 1984 y 2015. La prior para la

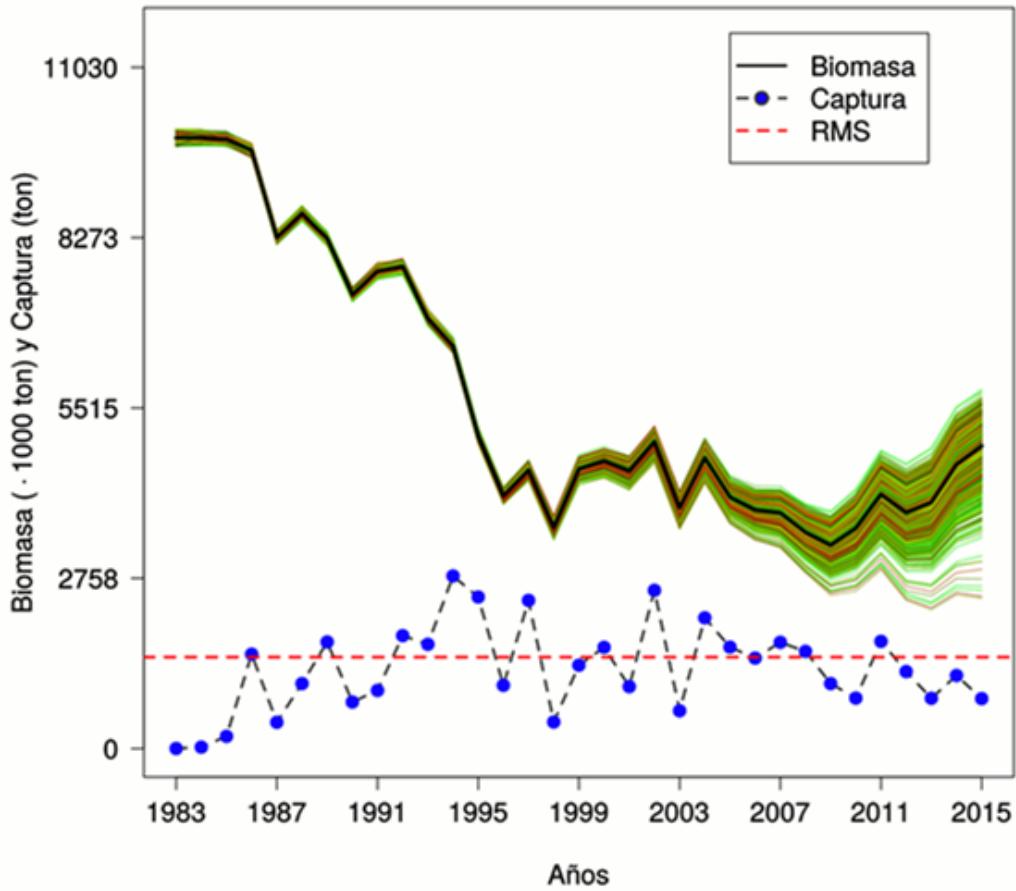


Figura 24: Estimaciones de la biomasa total para la anchoveta del sur de Perú y norte de Chile a través de la aplicación del método de Zhou et al. (2013) para el período entre 1983 y 2015. La línea negra representa el cuantil del 50 % de la distribución de la biomasa. La línea segmentada roja representa el RMS y los puntos azules las capturas observadas.

tasa de intrínseca crecimiento ( $r$ ), fue definida en un rango de 0.57 - 0.89. Como valores para el prior de  $K$  se utilizó el criterio de la captura máxima observada como límite inferior, y un amplificación por 50, como límite superior de  $K$ , esto es de 2,8 a 139 millones de toneladas respectivamente. Como intervalo para los valores de la reducción del stock, se tomaron valores entre 0.10 a 0.80 a intervalos de 0.05. Los resultados son mostrados en el Cuadro 4 y Figura 24.

Cuadro 4: Resumen de los puntos biológicos de referencia para el stock de anchoveta del sur del Perú y norte de Chile (XV-II Regiones) utilizando el método de Zhou et. al. (2013).

Percentil	K	$r$	RMS	Bfin	Reducción
0	8.911.863	0.587	1.472.320	2.436.409	0.246
25	9.748.609	0.588	1.475.912	4.620.098	0.467
50	10.027.524	0.590	1.480.154	4.916.371	0.497
75	10.027.524	0.614	1.491.533	5.171.851	0.523
100	10.027.524	0.681	1.516.533	5.883.405	0.595

### Stock Synthesis - Enfoque MBD

Se empleó la plataforma de modelado Stock Synthesis (v3.24u, Methot Jr. & Wetzel, 2013) para modelar el stock de anchoveta del sur del Perú y norte de Chile (XV-II Regiones) entre los años 1983 y 2015. Esta plataforma permite incluir una gran cantidad de datos de diferentes fuentes, sin embargo, como primer ejercicio se hizo una aproximación de un modelo de producción bajo las siguientes asunciones: 1) estructurado por edad con valores arbitrarios para parámetros biológicos, 2) todas las edades seleccionadas, 3) todas las edades maduras y 4) sin desviaciones de reclutamiento. Se estimaron dos grupos de parámetros: reclutamiento virginal y capturabilidad para los diferentes índices. Los datos utilizados fueron capturas anuales y tres índices de abundancia: reclutamiento de Chile (RECLAN), método de producción de huevos de Chile (MPH) y estimados de biomasa acústicos de Perú en los meses de verano. Se emplearon las siguientes configuraciones:

Cuadro 5: Configuraciones de los diferentes modelos de biomasa dinámica propuestos para evaluar el stock sur Perú-norte Chile.

Modelo	Datos	Parámetros
SS3_1	Capturas + RECLAN + MPH + Acústica Perú	R0 y capturabilidad
SS3_2	Capturas + MPH + Acústica Perú	R0 y capturabilidad
SS3_3	Capturas + Acústica Perú	R0 y capturabilidad
SS3_4	Capturas	R0

Los resultados de los parámetros y la serie de biomasa obtenidos por cada modelo se muestran en el Cuadro 6 y Figura 25 respectivamente. Los resultados evidencian que los parámetros varían de acuerdo al modelo utilizado, con valores de tasa intrínseca de crecimiento  $r$  entre 0.44 - 0.59 y de capacidad de carga  $K$  entre 12.7 - 7.8 millones t. Las tendencias en las series de biomasa son similares pero difieren en magnitud, con biomassas al 2015 que varían entre 5.1 - 2.6 millones t.

Cuadro 6: Resumen de los parámetros y puntos biológicos de referencia para el stock de anchoveta del sur del Perú y norte de Chile (XV-II Regiones) utilizando diversos métodos.

Parámetros	Martell_Froese	Zhou	SS3_1	SS3_2	SS3_3	SS3_4
$r$	0.44	0.59	-	-	-	-
K (ton.)	12 728 135	10 027 524	7 771 066	7 804 130	7 760 470	8 022 030

Parámetros	Martell_Froese	Zhou	SS3_1	SS3_2	SS3_3	SS3_4
RMS (ton.)	1 400 694	1 480 154	1 402 000	1 419 000	1 411 000	1 458 000
FRMS	0.22	0.3	-	-	-	-
B2015 (ton.)	5 132 847	4 916 371	2 612 270	3 442 670	3 105 700	4 477 610
Reducción (%)	40.3	49.7	33.9	44.1	40	55.8

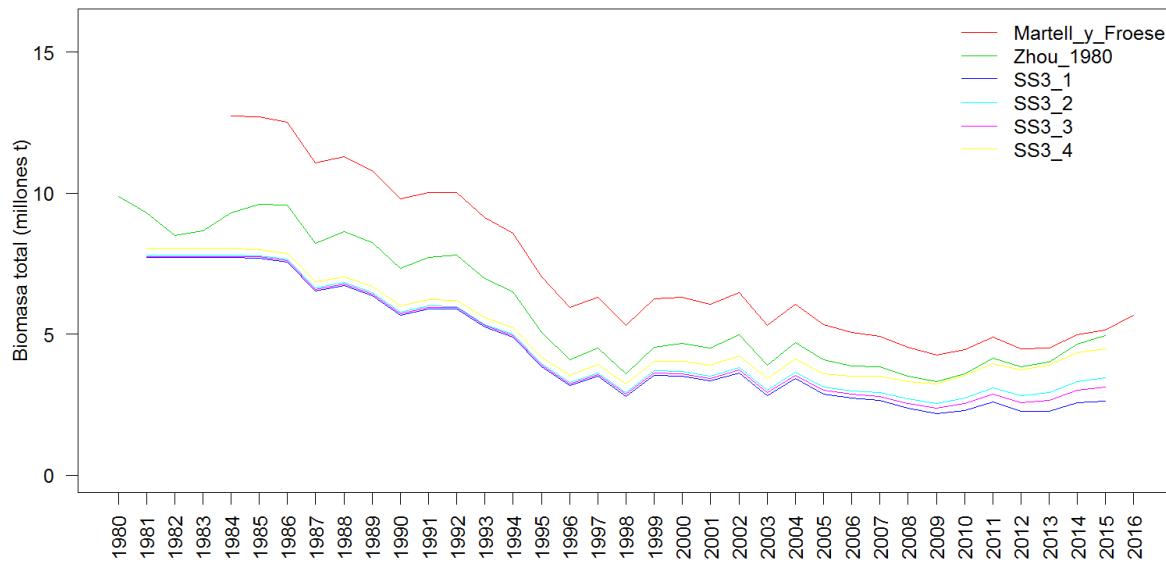


Figura 25: Series de biomasa estimadas por modelo.

### Stock Synthesis - Modelo estructurado por edades

Se implementaron tres modelos basados en tres hipótesis del stock, las cuales difieren principalmente en los parámetros de crecimiento individual y el número de desoves y reclutamientos al año.

El Cuadro 7 muestra los datos empleados para ambos enfoques de modelos:

Cuadro 7: Descripción de los datos empleados en los modelos de evaluación.

Datos	Descripción
Fish_Per	Datos provenientes de la flota pesquera que opera en aguas peruanas.
Fish_Chi	Datos provenientes de la flota pesquera que opera en aguas chilenas.
SurAdu_Per	Biomasa del stock adulto estimado por métodos acústicos en Perú.
SurJuv_Per	Biomasa del stock juvenil estimado por métodos acústicos en Perú.
SurJuv_Chi	Biomasa del stock juvenil estimado por métodos acústicos en Perú.
SurBio_Chi	Biomasa del stock adulto estimado por métodos acústicos en Chile.

Para la evaluación se empleó la plataforma Stock Synthesis (SS versión 3.24s) e incluye datos de la pesquería y de prospecciones científicas desde 1984 hasta el 2017. Los modelos presentados están a resolución semestral (Semestre 1: Enero a Junio, Semestre 2: Julio a Diciembre). Las capturas y muestras biométricas fueron

separados en dos flotas: la flota que opera sobre la porción del stock en aguas peruanas (Flota peruana) y la flota que opera sobre la porción del stock en aguas chilenas (Flota chilena). Los datos empleados se muestran en Figura 26.

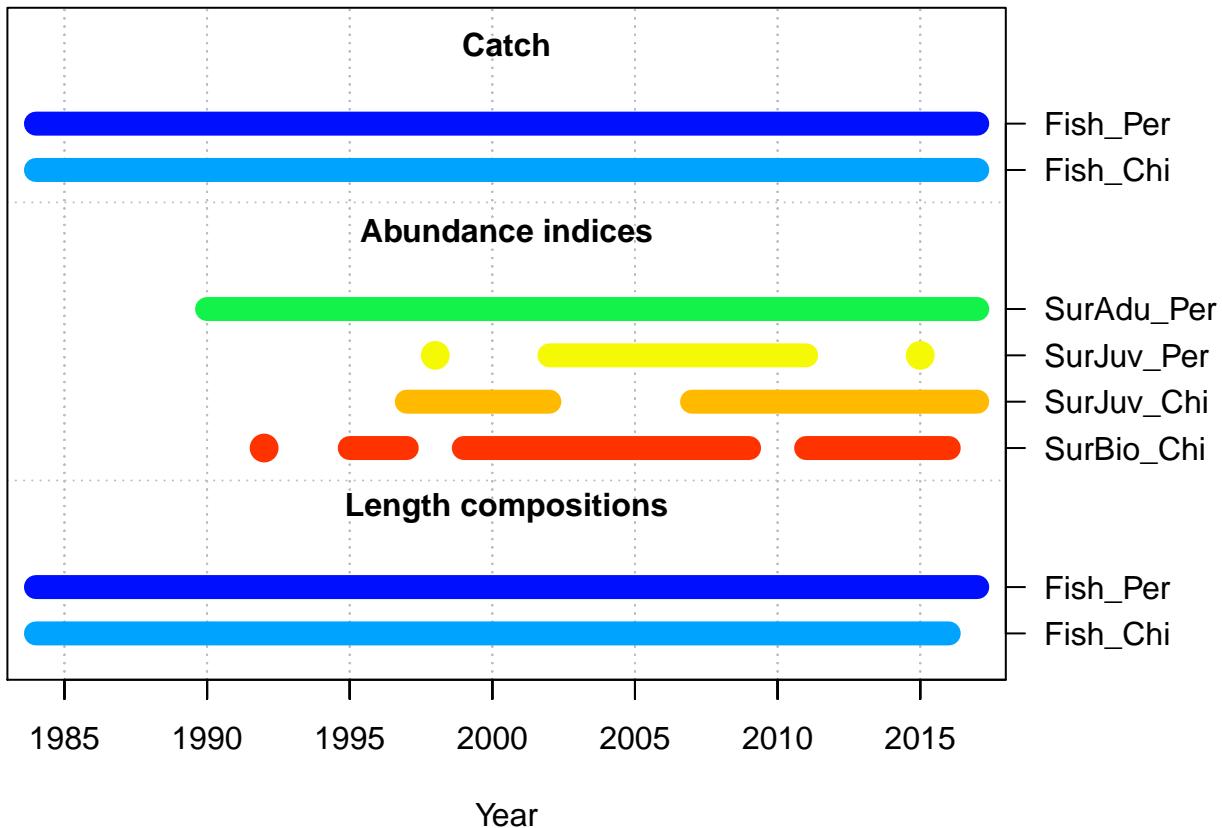


Figura 26: Serie temporal de datos empleados por los modelos de evaluación.

El reclutamiento fue modelado mediante la relación stock-reclutamiento de Ricker, asumiendo efectos de densidad-dependencia reportado para esta especie. Esta relación utiliza tres principales parámetros:  $R_0$  (reclutamiento virginal),  $h$  (stepness) y  $\sigma R$ . El stepness fue fijado en 2 para todos los modelos, y se dejó estimar el reclutamiento virginal y  $\sigma R$ .

La capturabilidad para cada índice de abundancia fue estimado y asumido a ser directamente proporcional a la biomasa de la porción de la población correspondiente.

Se asumió una selectividad de tipo logística para la pesquería que opera en Perú y Chile:

$$S_{y,f} = \frac{1}{1 + e^{-\ln(19)(L'_t - \beta_{1,y,f})/\beta_{2,y,f}}}$$

donde  $\beta_{1,y,f}$  es la talla donde la selectividad es 50 % para la pesquería  $f$  y el año  $y$ , y  $\beta_{2,y,f}$  es la diferencia entre la talla donde la selectividad es 95 % y 50 %. Se asumió que la selectividad es variante en el tiempo, por lo que se establecieron bloques de años donde en cada uno de ellos se estimó diferentes parámetros de la ecuación logística. Los bloques de años para la pesquería peruana son: 1984-1988, 1989-1992, 1994-1995, 1996-1997, 1998-1999, 2001-2007, 2008-2013, 2014-2017. Los bloques de años para la pesquería chilena son: 1984-1986, 1987-1990, 1991-1997, 1998-2000, 2001-2008, 2009-2014, 2015-2017.

Cuadro 8: Descripción de los modelos de evaluación empleados.

Modelo	Descripción
Modelo A	Se asume un periodo de desove y dos reclutamientos al año. K = 1.55. Linf = 17.41. M = 1.6.
Modelo B	Se asume un periodo de desove y un reclutamiento al año. K = 0.85. Linf = 18.26. M = 1.
Modelo C	Se asume un periodo de desove y dos reclutamientos al año. K = 0.85. Linf = 18.26. M = 1.

### Modelo A

### Modelo B

Cuadro 9: Parámetros estimados por el Modelo B.

Parametro	Valor estimado	Fase	Valor inicial	Desv est.
SR_LN(R0)	19.136	1	13.530	0.060
SR_sigmaR	0.377	3	0.400	0.056
LnQ_base_3_SurAdu_Per	-0.711	2	0.076	0.132
LnQ_base_4_SurJuv_Per	-6.893	2	0.076	0.104
LnQ_base_5_SurJuv_Chi	-3.286	2	0.076	0.120
LnQ_base_6_SurBio_Chi	-0.788	2	0.076	0.133
SizeSel_1P_1_Fish_Per	12.120	4	12.000	1.817
SizeSel_1P_2_Fish_Per	3.052	4	1.200	0.660
SizeSel_2P_1_Fish_Chi	11.500	4	12.000	145.341
SizeSel_2P_2_Fish_Chi	2.131	4	1.200	0.315
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1984	7.480	4	12.000	2.914
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1989	14.782	4	12.000	0.815
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1994	12.783	4	12.000	1.488
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1996	15.159	4	12.000	1.227
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1998	7.311	4	12.000	4.129
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2001	10.940	4	12.000	1.634
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2008	11.200	4	12.000	1.218
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2014	7.304	4	12.000	2.221
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1984	6.456	4	12.000	4.034
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1987	7.467	4	12.000	2.473
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1991	14.283	4	12.000	0.447
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1998	11.911	4	12.000	1.655
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2001	14.697	4	10.000	0.351
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2009	13.912	4	10.000	0.393
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2015	7.390	4	10.000	3.797

### Modelo C

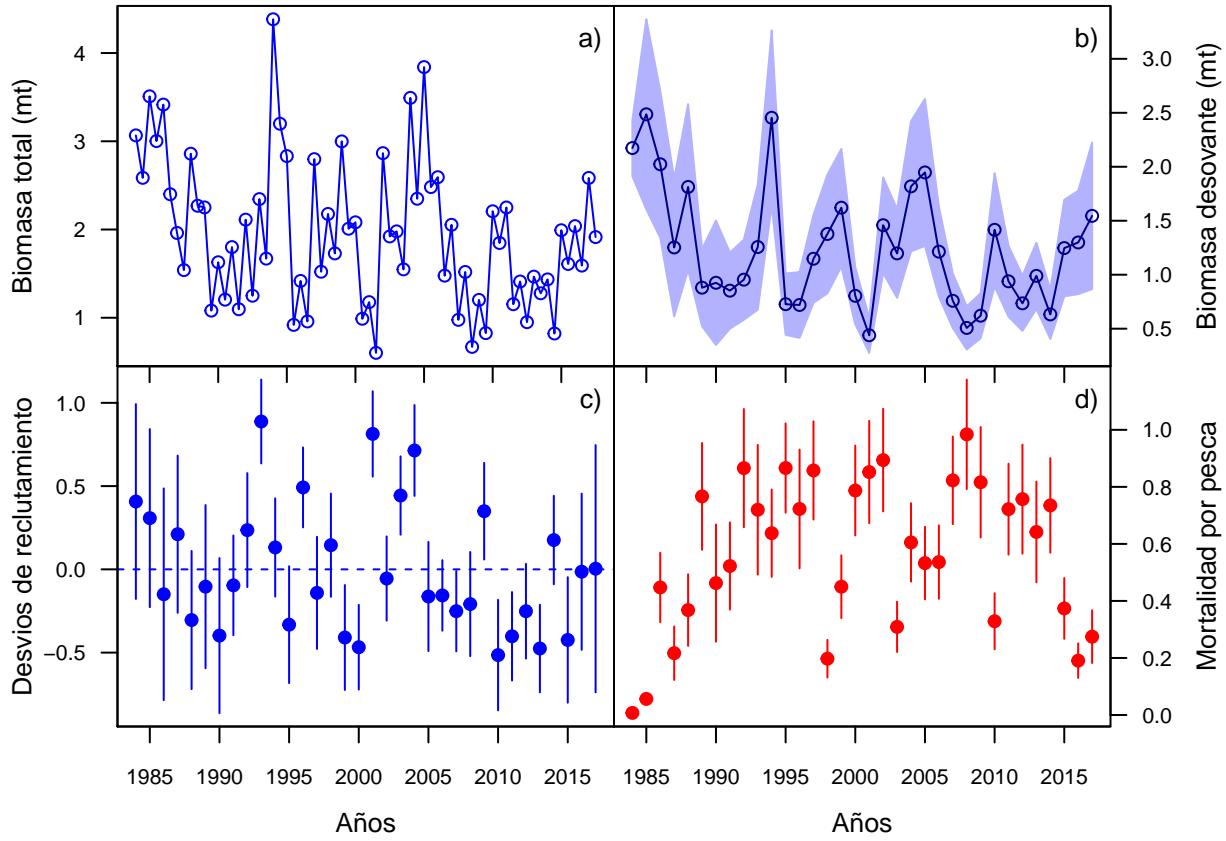


Figura 27: Biomasa total, biomasa desovante, desvíos de reclutamiento y mortalidad por pesca obtenidos por el modelo de evaluación B.

Cuadro 10: Parámetros estimados por el Modelo C.

Parametro	Valor estimado	Fase	Valor inicial	Desv est.
SR_LN(R0)	19.264	1	13.530	0.059
SR_sigmaR	0.428	3	0.400	0.066
LnQ_base_3_SurAdu_Per	-0.725	2	0.076	0.121
LnQ_base_4_SurJuv_Per	-6.996	2	0.076	0.104
LnQ_base_5_SurJuv_Chi	-3.297	2	0.076	0.113
LnQ_base_6_SurBio_Chi	-0.806	2	0.076	0.122
SizeSel_1P_1_Fish_Per	11.826	4	12.000	2.262
SizeSel_1P_2_Fish_Per	3.278	4	1.200	0.685
SizeSel_2P_1_Fish_Chi	11.500	4	12.000	145.341
SizeSel_2P_2_Fish_Chi	2.077	4	1.200	0.300
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1984	7.440	4	12.000	3.183
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1989	15.088	4	12.000	0.881
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1994	12.690	4	12.000	1.684
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1996	15.578	4	12.000	0.460
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_1998	6.645	4	12.000	3.964
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2001	10.929	4	12.000	1.604
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2008	10.635	4	12.000	1.749
SizeSel_1P_1_Fish_Per_BLK1repl_2014	7.012	4	12.000	2.249

Parametro	Valor estimado	Fase	Valor inicial	Desv est.
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1984	6.474	4	12.000	3.974
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1987	7.237	4	12.000	2.212
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1991	14.269	4	12.000	0.425
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_1998	7.441	4	12.000	3.813
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2001	14.666	4	10.000	0.337
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2009	13.872	4	10.000	0.378
SizeSel_2P_1_Fish_Chi_BLK2repl_2015	7.309	4	10.000	3.890

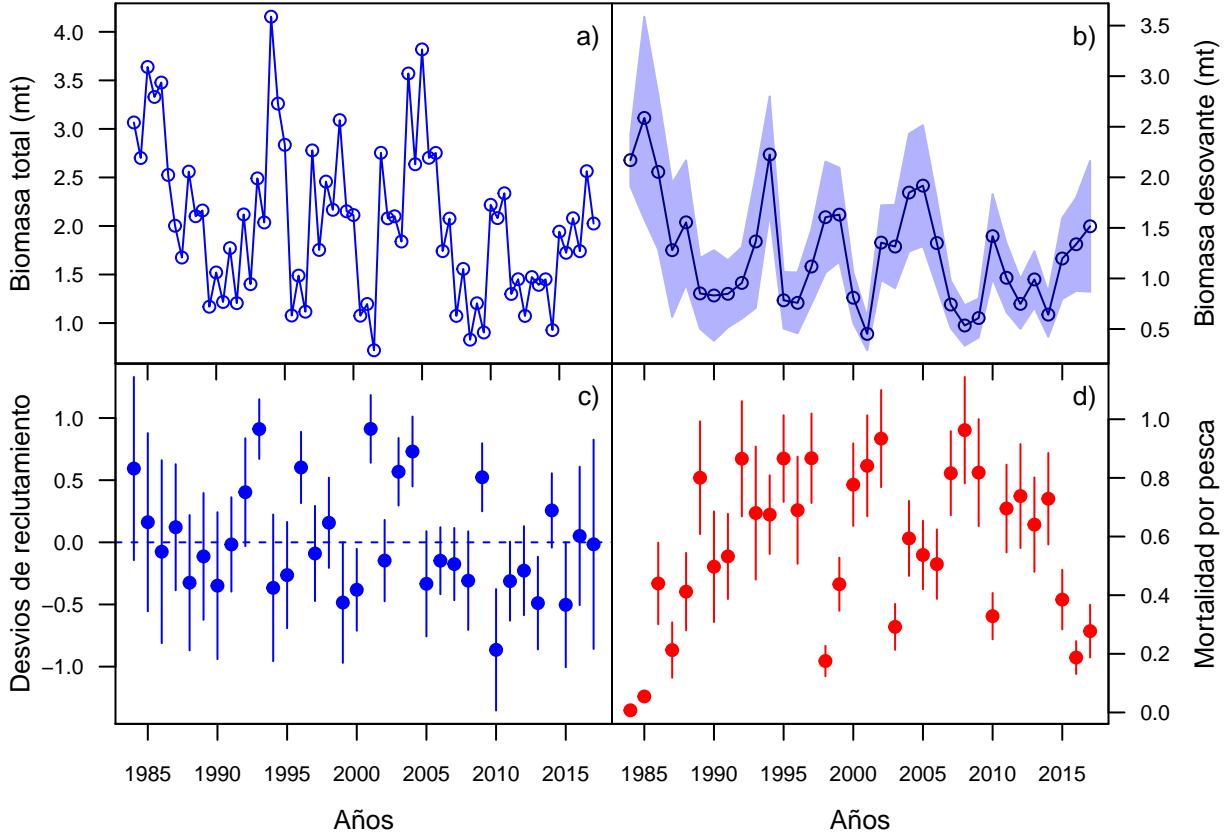


Figura 28: Biomasa total, biomasa desovante, desvíos de reclutamiento y mortalidad por pesca obtenidos por el modelo de evaluación C.

### Biomasa desovante y reclutamiento

La biomasa desovante ha mostrado una tendencia a aumentar desde el 2014. Por otro lado, las desviaciones de reclutamiento para los últimos dos años se han mantenido alrededor de 0.

### Biomasa del stock

La biomasa del stock muestra una tendencia ascendentes desde el año 2014.

## **Problemas no resueltos y principales incertidumbres**

Las principales incertidumbres estuvieron en los parámetros de crecimiento individual, mortalidad natural y frecuencia de desove.

## **CONCLUSIONES**

Se requiere estandarizar los formatos de datos y las metodologías empleadas para la estimación de variables y parámetros usados en la evaluación del stock de anchoveta del sur de Perú y norte de Chile.

Existen similitudes y diferencias en las variables y parámetros de la historia de vida de la anchoveta estimados y utilizados por cada Instituto. Dentro de las similitudes se puede mencionar la composición por tallas de los desembarques y el proceso reproductivo (máxima actividad reproductiva en invierno y mínima en otoño), mientras que dentro de las diferencias se puede mencionar al crecimiento ( $K_{Perú} \sim 0.84/año$  y máxima edad~3 años,  $K_{Chile} \sim 1.09$  y máxima edad~2años) y la mortalidad natural ( $M_{Perú} \sim 0.8/año$ ,  $M_{Chile} \sim 2.2/año$ ).

Los resultados preliminares de las evaluaciones por los modelos de biomasa dinámica muestran un nivel de biomasa actual (al 2015) entre 5.1 - 2.6 millones lo que implica un nivel de reducción ( $B_{actual}/B_0$ ) entre 34 - 56 %. Así mismo se observa que la tendencia de la biomasa es estable desde 1997-1998.

## **RECOMENDACIONES**

- Priorizar la discusión metodológica para que las variables y parámetros estimados por ambos Institutos sean comparables entre sí tanto en tiempo como en espacio.
- Realizar investigaciones conjuntas sobre la bio-ecología de la anchoveta, de manera que exista un consenso respecto a los parámetros de la historia de vida e hipótesis (por ejemplo sobre los forzantes del reclutamiento, etc.) utilizados en la evaluación del stock.
- Implementar métodos de evaluación alternativos que permitan incluir toda la riqueza de la información disponible.
- Continuar con la realización de los Talleres Conjuntos de Evaluación del stock sur Perú-norte Chile y todo el trabajo que ello implica (intercambio de información, estandarización de métodos, investigaciones conjuntas). Realizar el Décimo Quinto Taller de Evaluación Conjunta en Perú con una duración de una semana. Se propone como fecha tentativa noviembre del 2017.
- Cumplir con la propuesta de tareas inter-sesionales por institución especificadas en el Anexo 1.
- Cumplir con la propuesta del contenido de las presentaciones por institución en futuros talleres, las cuales están especificadas en el Anexo 2.
- Mantener el intercambio trimestral de estadísticas según el convenio vigente entre IFOP e IMARPE.
- Mantener la confidencialidad de la información de intercambio entre Perú y Chile.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Bouchon , M., C. Peña, E. Diaz, M., E. Goya, B. Buitrón, S. Sanchez, E. Delgado y J. Mori. 2008. Información biológica-pesquera de la Región Sur del Perú (2004 - 2007). Informe Interno Instituto del Mar del Perú, 21 p.

Castillo R, Peraltilla S, Aliaga A, Flores M, Ballón M, Calderón J, et al. 2009. Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano.

Claramunt, G., Herrera, G., Moreno, P. & Azocar, C. 2014. Evaluación de la biomasa desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, Año 2013. Pre-Informe Final. FIP 2013-06.

Espíndola, F. 2018. Spatial and temporal variability of the spawning habitat of anchovy (*Engraulis ringens*) in relation to hydrographic conditions of northern Chile. Submitted to Progress in Oceanography.

Martell, S., & Froese, R. (2013). A simple method for estimating MSY from catch and resilience. Fish and Fisheries, 14(4), 504-514.

Methot, R. and Wetzel, Ch. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research, 142: 86-99.

Oliveros-Ramos, R, & Peña, C. (2011). Modelado y análisis del reclutamiento de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) entre 1961 y 2009. Ciencias marinas, 37(4b), 659-674.

Zhou, S. (2013a). Catch-only methods: a brief review and possible improvement. In: Knowledge Based Bio-Economy workshop. Hobart TAS, Australia.