
REPORTE N° 1

Seguimiento Mensual de la Condición del Recurso Anchoveta con Énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y Larvas

REQUIRENTE

Centro de Investigación Aplicada del Mar,
CIAM
Director Ejecutivo
Carlos Merino Pinochet

EJECUTOR

Mauricio Braun Alegría
Colaborador: Horacio Diez

• Noviembre 2014 •

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LA CONDICIÓN DEL RECURSO ANCHOVETA CON ÉNFASIS EN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS

Reporte N° 1

RESUMEN EJECUTIVO

Metodológicamente, se realizó el muestreo bio-oceanográfico desde el 13 al 17 de octubre de 2014 a bordo de la lancha de investigación Antares de la Universidad Arturo Prat para el puerto de Iquique y en pangas de servicio de Corpesca S.A. para los puertos de Arica y Mejillones, respectivamente. Las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual se localizaron a 1, 3 y 5 mn de la costa frente a Mejillones, Iquique y Arica, con el fin de recabar los datos biológicos y oceanográficos; y posteriormente, procesar y analizar la información con el fin de determinar y evaluar las condiciones bio-oceanográficos correspondientes al mes de octubre en la zona norte del país.

Los principales resultados del muestreo bio-oceanográfico de octubre de 2014 en la zona norte, son los siguientes:

Durante octubre de 2014, se presentó una condición estratificada normal, en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Con temperaturas mínimas en Arica, Iquique y Mejillones del orden de 12,61°C; 12,19°C y 13,31°C respectivamente. Las temperaturas máximas variaron entre 16,9°C (Iquique) a 17,8°C en Arica, asociadas a las capas superficiales.

La profundidad de la termoclina fluctuó entre 2,6 m en Iquique a 6,5 m en Mejillones y 11,5 en Arica. La profundidad de la oxiclina se observó a 9,5 m de profundidad en Arica y a 2,1 m en Iquique. En cuanto a la salinidad esta varió entre 34,972 y 35,044 ups a 34,767 y 34,898 ups asociadas a las capas de fondo entre Arica e Iquique).

En términos de la estabilidad de la columna de agua se observan valores bajos en la frecuencia de Brünt-Väisälä ($N^2 < 0$) lo que representa que al momento de las mediciones existía una gran homogeneidad vertical del sistema, asociado a un mayor grado de mezcla de la columna de agua, en las tres localidades. Se observa además la intrusión de la masa de agua AESS asociada a la mínima de oxígeno presente. Se destaca la presencia de una termoclina estacional, con un

gradiente vertical de 0,01°C/ 1 m para Iquique, del orden de 0,1°C/ 1 m para Iquique y de 0,6°C/ 1 m para Mejillones.

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove ocupó todo el rango latitudinal y longitudinal prospectado.

Se verificó la presencia de 866.309 huevos y 24.841 larvas de anchoveta, señalando una situación característica de una importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y el puerto de Mejillones (23°03'S).

Las fases larvarias de anchoveta exhibieron abundancias que fluctuaron entre 59 y 9.030 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 1.461 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 1.774 (DS= 2968,79).

OBJETIVO

Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de la abundancia y distribución espacial de los estadios tempranos de peces.

ANTECEDENTES GENERALES

La condición de Chile de ser un país pesquero está asociada al Sistema de Corriente de Humboldt (**SCH**), siendo nuestro país, uno de los cuatro sistemas de borde oriental, en los cuales el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, promueve una alta productividad biológica (Alheit y Bernal, 1993, Blanco *et al.*, 2001).

La zona norte de Chile se caracteriza al igual que otras áreas de borde oriental, por su baja diversidad de especies pelágicas, tales como anchoveta, sardina española, jurel y caballa, las que se presentan en grandes abundancias, generando beneficios socio-económicos para el país a través del desarrollo de sus pesquerías.

En la zona norte de Chile, la pesquería de peces pelágicos comenzó su desarrollo a finales de los años sesenta, llegando a ser en conjunto con Perú, una de las más importantes del mundo por los volúmenes de pesca desembarcados. Esta pesquería se basó casi exclusivamente en la captura de anchoveta (*Engraulis ringens*) y mostró tres períodos principales: el primero (1973-1986) con un crecimiento sostenido, alcanzando hasta 3,4 millones de toneladas a mediados de los ochenta; en este período se produjo el colapso en las capturas de anchoveta y, paralelamente los desembarques de sardina española (*Sardinops sagax*) aumentaron significativamente hasta 1985, constituyéndose en el principal

recurso explotado en dicha región. La segunda fase (1986-1996) fue un período de ajuste, producto de la baja experimentada en las capturas, hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de toneladas; produciéndose el colapso de la pesquería de sardina, y las capturas de anchoveta desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona. Posteriormente, la tercera etapa (1997- 2002), presentó una tendencia a la estabilización de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de toneladas por año.

La importante actividad productiva generada en la XV, I y II Región mostró síntomas e indicadores de inestabilidad hace quince años, que se manifestaron en bajos niveles de desembarques en 1990, para estabilizarse en el período 1990-1995 en 2 millones de t y, transitoriamente, disminuir a la cifra histórica más baja de la pesquería con 240 mil t en 1998 ("El Niño" 1997-98). La producción pesquera se recuperó rápidamente, alcanzando en el período 1999-2006, 1,0 millón de t.

Dos de los factores reconocidos que permiten en la zona norte mantener la elevada biomasa fitoplanctónica que sostiene los niveles tróficos superiores, entre ellos a los peces de importancia comercial son: las aguas subsuperficiales de origen ecuatorial (**AESS**), que poseen un alto contenido de nutrientes; y los procesos de surgencia que se observan prácticamente durante todo el año, el cual lleva esta agua hacia la superficie en la costa, dejando los nutrientes disponibles para los organismos autotróficos. No obstante que se ha identificado la fuerte importancia de los procesos de surgencia en el aporte de nutrientes a la capa fótica, existen además otros procesos físicos, como las ondas atrapadas a la costa, remolinos de mesoescala y meandros, que también son responsables de lo indicado (Cipollini *et al.*, 2001; McGillicuddy *et al.*, 1998; Uz *et al.*, 2001; Chavez *et al.*, 1998). En el caso de Chile, frente a la costa central, se han observado remolinos de mesoescala como procesos que aportan nutrientes a la capa fótica (Hormazabal *et al.*, 2004 a,b).

Para el norte de Chile, y en base a imágenes de color obtenidas con satélite, se ha determinado que los mínimos de clorofila ocurren en invierno y los máximos durante el verano, esto último asociado al máximo del estrés del viento favorable a la surgencia. Sin embargo, en el sector oceánico los máximos de clorofila se presentan en invierno (Yañez *et al.*, 2005), condición que no estaría relacionada ni con el estrés ni con el curl del viento (Yuras *et al.*, 2005). De acuerdo a lo precitado, en la zona oceánica los máximos de clorofila estarían relacionados con la ocurrencia de procesos de mesoescala como remolinos y meandros.

Por otra parte, los sectores de mayores densidades y agregación de recursos pesqueros en esta zona del país, están localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, y que debido a los procesos de surgencia, presentan fuertes gradientes térmicos y salinos durante gran parte del año, a excepción del período de invierno. En este sentido, hay una fuerte correlación espacial entre la intensidad de los gradientes térmicos y la presencia de altas concentraciones de

fitoplancton (Strub *et al.*, 1991), lo que induciría a un comportamiento más costero de la anchoveta.

El **SCH** se diferencia de los otros tres sistemas de borde oriental por presentar en la capa fótica, la entrada de una capa de mínimo contenido de oxígeno disuelto. Así, debido a los procesos de surgencia y las características de la AESS, valores de concentración menores a 1 mL/L se localizan muy próximos al nivel de superficie (Morales *et al.*, 1999, Ulloa *et al.*, 2001). Se ha observado en la zona norte que las bajas concentraciones de oxígeno disuelto afectan la distribución de larvas de anchoveta en la vertical (Morales *et al.*, 1996).

Una característica importante de la zona de estudio, es que se ve afectada a intervalos irregulares, en promedio de 3 a 4 años, por eventos “El Niño”, que provocan entre otros, un calentamiento anómalo del agua superficial, profundización de la termoclina, menor participación de **AESS** en la surgencia y profundización de la capa de mezcla (Blanco *et al.*, 2001; Blanco *et al.*, 2002; Reyes, 2004; Yañez *et al.*, 2001).

Tales condiciones traerían también una repercusión biológica, especialmente una disminución de la biomasa fitoplanctónica (Barber y Chavez, 1983) y una disminución de anchoveta en sus diferentes estadios (Yañez *et al.*, 2005). En el aspecto pesquero no sólo se ve reducida la biomasa de reclutas de anchoveta, sino también su disponibilidad a la captura de los individuos adultos (Yañez *et al.*, *op cit*). Durante el evento “El Niño” 1997-98, la anchoveta experimentó cambios en su distribución longitudinal y vertical, ubicándose principalmente en el sector costero y ampliando su rango de profundidad de 5 a 35 m a un rango de 5 a 130 m, formando cardúmenes y estratos de altas densidades, disminuyendo así su vulnerabilidad al cerco (Braun *et al.*, 1998; Braun *et al.*, 1999; Jacob, 2002 y Yañez *et al.*, 2005).

Sumado a los cambios ambientales interanuales, se ha documentado también para la zona cambios que corresponden a ciclos cálidos y fríos en la frecuencia interdecadal (Cañon, 1986; Yañez, 1998, Yañez *et al.*, 2005), en los cuales se ha observado una alternancia entre la sardina y anchoveta como especie dominante. Durante un régimen más cálido, la especie dominante en el sistema pelágico fue la sardina española, tal como ocurrió entre los años 1976 a 1985 y durante los ciclos fríos lo fue la anchoveta (Yañez *et al.* 2003).

En la actualidad, el análisis de la pesquería de la zona toma en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y su efecto sobre los recursos. De esta forma se busca comprender los cambios de la abundancia de las especies explotadas comercialmente en el largo, mediano y corto plazo (Cañón, 1986; Castillo y Guzmán, 1985; Castillo *et al.*, 1995 a, Castillo *et al.*, 1995 b).

En la última década, la zona norte de Chile ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros, dentro de los cuales los monitoreos bio-oceanográficos, han sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que viven los recursos de interés, permitiendo analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias en períodos normales y durante la ocurrencia de eventos de “El Niño”, observándose que las mermas más importantes de la especie estuvieron asociadas a dichos eventos, particularmente en los años 1991 y 1997-98.

En el contexto precitado y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la influencia de los parámetros oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos pelágicos, el Centro de Investigación Aplicada del Mar - **CIAM** - decidió iniciar un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones bio-oceanográficas de la zona, con énfasis en la abundancia y distribución de huevos y larvas de anchoveta, en pos de la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente al mes de octubre de 2014, abarcó la zona marítima de la Décimo Quinta y Segunda regiones, comprendida entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°04'S), desde la costa hasta una distancia de 5 millas náuticas (**Figura 1**).

Plataforma de trabajo y programación de estaciones in situ

Para el desarrollo de este seguimiento, se utilizó como plataforma de trabajo en el puerto de Iquique, la lancha de investigación “Antares” de la Universidad Arturo Prat y pangas de servicio de **CORPESCA** en los puertos de Arica y Mejillones, respectivamente, realizándose ésta actividad entre el 14 y el 17 de octubre de 2014. En la **Tabla 1**, se consigna el número total de transectas y estaciones realizadas, el rango latitudinal y las fechas de inicio y término de ésta actividad.

Tabla 1

Programación de estaciones *in situ* realizadas durante Octubre de 2014.

Número de Transectas	Nº Estaciones	Duración en días	Rango latitudinal	Fecha Inicio y Término
6	17	5	18°25' – 23°04' LS	13 al 17/10/ 2014

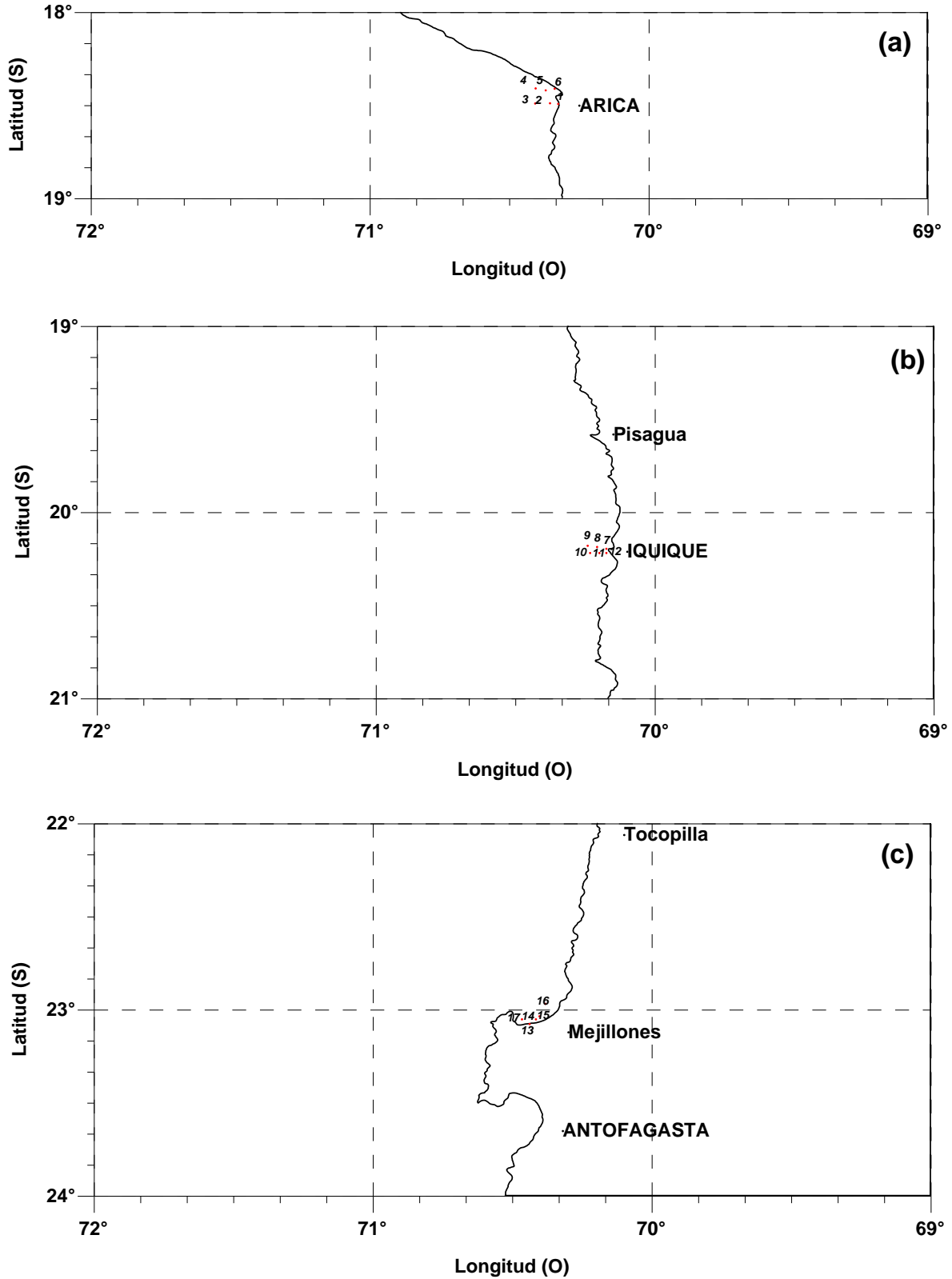


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Octubre 2014.

Recolección de muestras y registro de datos

La toma de muestras se realizó entre el 13 y 17 de octubre de 2014, midiéndose las variables temperatura (°C), salinidad (psu) y concentración de oxígeno disuelto (mL/L) utilizando un CTDO SeaBird modelo19 para las estaciones de Arica e Iquique y un CTD AML para el puerto de Mejillones; lo cual permitió caracterizar las condiciones locales de temperatura, salinidad y oxígeno, calculándose además las profundidades de la capa de mezcla, termoclina y oxiclina.

Adicionalmente, se calculó la frecuencia de Brunt – Väisälä (N^2) como indicador de la variabilidad de la estratificación de la columna de agua, según la ecuación:

$$N^2 = (g/\rho) * (\partial\rho/\partial z)$$

Donde:

g = gravedad de la Tierra (9,8 m²/s).

ρ = densidad del agua de mar.

z = profundidad.

Altos valores en la frecuencia de Brunt-Väisälä ($N^2 > 0$) es indicativo de una gran estratificación de la columna de agua. Mientras que por el contrario, valores bajos ($N^2 < 0$) representan una gran homogeneidad vertical y por ende un mayor grado de mezcla de la columna de agua.

Las muestras de zooplancton fueron recolectadas mediante arrastres verticales desde 40 m a superficie, utilizando una red WP-2 de 300µm de abertura de malla complementada su boca con un medidor de flujo TSK calibrado el cual permitio cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

Lancha de Investigación “Antares”



Aro Red WP-2 complementado con Flowmeter



Retiro de copo colector



Lectura de Revoluciones TSK



Procesamiento de la información obtenida en el crucero

Calibración de flujómetros TSK

De acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, el flujómetro utilizado durante el muestreo de octubre de 2014 fue calibrado en la bahía de Valparaíso.

Los datos del número de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance fueron analizados mediante una regresión lineal simple, siendo su ecuación de calibración la siguiente:

$$\text{TSK 7088} \quad V = 0,155 * N + 0,012$$

Recolección de las muestras

Las muestras se recolectaron mediante una red cilindro-cónica modelo WP-2 (Sameoto *et al.*, 2000) modificada, la cual tiene una abertura de 40 cm (0,12 m² de área de boca) y un largo total de 161 cm, confeccionada con malla sintética monofilamento de 300 µm de abertura.

Las muestras se obtuvieron mediante arrastres verticales desde profundidades medias de 43 m, hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad límite de muestreo, con velocidades de calado e izado de la red iguales a 0,8 m/s y a 0,6 m/s, respectivamente.

La verticalidad del cable se trató de mantener mediante un lastre depresor de aproximadamente 10 kilogramos. El ángulo del cable con respecto a la vertical, se controló mediante un clinómetro manual, inmediatamente antes del izado de la red. Durante este muestreo, el ángulo fluctuó entre 2° y 45° con una media igual a 14°.

La cuantificación del volumen de agua filtrada durante cada pesca se efectuó utilizando los registros de un medidor de flujo marca TSK, instalado en la boca de la red.

Durante la realización de cada uno de los lances zooplanctónicos, se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de puerto, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro y cable arriado (**Tabla 2**).

Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras obtenidas fueron preservadas con una solución de formalina en agua de mar al 5%, tamponada con tetraborato de sodio, almacenándose éstas en frascos plásticos de 250 cc, de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del copo recolector, evitando de esta manera un posible deterioro de los ejemplares provocado por autólisis.

Separación e identificación de hevos y larvas de peces

El procesamiento de las muestras en laboratorio en tierra, contempló la extracción de la totalidad de los huevos y larvas de peces, de cada una de las muestras recolectadas; la identificación taxonómica de huevos y larvas de anchoveta; la cuantificación de huevos y larvas de la especie objetivo y la enumeración y agrupación del resto del ictioplancton, bajo la denominación de "otras especies".

Para el procesamiento de las muestras consideradas se emplearon microscopios estereoscópicos marca Zeiss con aumento de 8 a 40 veces examinando la totalidad de la muestra.

La determinación taxonómica de las especies objetivo, se realizó mediante la ayuda de descripciones de desarrollo embrionario y otros estudios publicados por diversos investigadores, utilizando de preferencia las de: Fischer, (1958); Einarsson y Rojas, (1963); Greenwodd *et al.*, (1966); Moser y Ahlstrom, (1970); Santander y Castillo, (1972); Chiechowski, (1971); Balbontín y Garretón, (1977); Pérez, (1978); Aron, (1980); Balbontín y Pérez, (1980); Boltovskoy, (1981); Rojas y Mujica, (1981); Rojas *et al.*, (1983); Fahay, (1983); Orellana y Balbontín, (1983); Santander *et al.*, (1984); Sinclair y Tremblay, (1984); Sinclair *et al.*, (1985); Matarese *et al.*, (1989) y Olivar y Fortuño, (1991).

Estandarización de la estimación de la abundancia de huevos y larvas de peces

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenido del muestreo cuantitativo, se estandarizó toda la colección a una base común, en términos de número de huevos o larvas existentes en una unidad de área estándar de 10 m².

La estimación del número de huevos y larvas bajo una unidad de área de mar, se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$C = 10 \frac{d}{w} c$$

Donde:

- C : Número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m^2)
 d : Profundidad máxima del lance (m).
 w : Volumen de agua filtrado (m^3).
 c : Número de huevos o larvas en la muestra.

El valor " d " se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

$$d = L_o \cos \theta$$

Donde:

- L_o : Cantidad de cable arriado (m).
 $\cos \theta$: Coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrada " W " se calculó por la ecuación:

$$W = Q \cdot t$$

Donde:

- Q : Volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m^3/seg).
 t : Tiempo empleado en el arrastre (seg).

El valor de " Q " se calcula de la ecuación:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

- V : Velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.
 A : Área de la boca de la red (m^2).

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a \cdot N + b$$

Donde:

- N : Número de revoluciones por segundo.
 a y b : Constantes

Basado en los valores cuantitativos del análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de la especie objetivo, se determinaron algunos parámetros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia numérica.

La constancia se calculó estableciendo la relación porcentual, existente entre el número de muestras en que se encuentren huevos o larvas de la especie y el total de muestras colectadas. La dominancia numérica se determinó de la relación porcentual entre el número de huevos y/o larvas de la especie, respecto al total de especímenes recolectados.

Para la confección de mapas de distribución, abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de anchoveta y otras especies, se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y un software **ad hoc** SURFER 8.0.

El error del estimado de la abundancia del ictioplancton de las especies objetivo del muestreo fue alculado de acuerdo a las siguientes relaciones.

Estimación de la densidad de huevos y/o larvas por estaciones positivas

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

- n = es el número de estaciones positivas
- y_i = el número de huevos y/o larvas en la estación positiva i ;
- y = 1, 2, .. n

Estimación de la varianza del estimador \bar{y}

Se calculó por:

$$\hat{V}[\bar{y}] = \left[\frac{1}{n} \right] \frac{1}{n-1} \{ \sum y_i^2 - n\bar{y}^2 \}$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{y}} = \sqrt{\hat{V}[\bar{y}]}$$

Una medida de la eficiencia de la estimación, fue dada en términos del coeficiente de variación, entregado por:

$$CV[\bar{y}] = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{y}}$$

Para efectos comparativos y además de la estimación clásica de la densidad promedio de huevos y larvas, se realizó la estimación mediante la distribución Log-normal, conocida como distribución delta (Pennington, 1986), de acuerdo a:

Un estimador desarrollado para estimar la media de una variable, en la cual una

fracción de las observaciones es igual a cero y las restantes tienen distribución lognormal, se puede plantear de la forma (Stefansson, 1996):

$$c = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(\bar{y}) G_m(r)$$

Donde:

m = es la cantidad de estaciones (observaciones) positivas

n = es el total de estaciones

\bar{y} = es la media de la variable transformada a logaritmo natural, y

$G_m(r)$ = es una función de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma:

$$G_m(r) = 1 + \frac{(m-1)r}{m} + \frac{(m-1)^2 r^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^3 r^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \dots$$

Donde:

$$r = \frac{s^2}{2}$$

Siendo:

s^2 = la varianza de la variable transformada a logaritmo.

Puede apreciarse que $G_m(r)$ es una serie infinita que depende de la varianza de los datos transformados a logaritmo y de la cantidad de valores distintos de cero.

La varianza de la densidad media estimada viene dada por:

$$\hat{v}(c) = \left[\frac{m}{n}\right] \exp(2\bar{y}) \left[\left(\frac{m}{n}\right) G_m^2(r) - \frac{(m-1)}{(n-1)} G_m\left(\frac{(m-2)}{(m-1)} 2r\right) \right]$$

Estimación de la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica en el la zona de estudio

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción de los estadios tempranos de peces, a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas, que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los biovolúmenes se utilizó el método volumétrico de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen se determinó dos veces

para cada muestra y el resultado corresponde al promedio de ambas mediciones. Se excluyeron de la medición solamente los organismos cuyo volumen individual excedía los 5 ml.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calculó mediante la ecuación:

$$Y = 1.000 \left(\frac{X}{W} \right)$$

donde:

Y = ml de zooplancton en 1.000 m³

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m³)

El resultado se expresa en mililitros de plancton húmedo en 1000m³ de agua de mar filtrada (ml/1000m³).

RESULTADOS

Condiciones oceanográficas

Durante octubre de 2014, se presentó una condición estratificada normal, en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Con temperaturas mínimas en Arica, Iquique y Mejillones del orden de 12,61°C; 12,19°C y 13,31°C, respectivamente. Las temperaturas máximas variaron entre 16,9°C (Iquique) a 17,8°C en Arica, asociadas a las capas superficiales (**Tabla 2; Figura 2a**).

Tabla 2. Estadísticos básicos de la temperatura de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones – Octubre 2014.

Temperatura (°C)	Mínima	Máxima	Promedio
Arica	12,614	17,832	14,074
Iquique	12,194	16,903	13,497
Mejillones	13,310	17,700	14,240

La capa de mezcla mínima en las estaciones fijas vario entre 1,6 a 6,3 m de profundidad (Iquique y Arica respectivamente) en el interior de cada una de las bahías (**Tabla 3**).

La profundidad de la termoclina fluctuó entre 2,6 m en Iquique a 6,5 m en Mejillones y 11,5 en Arica. La profundidad de la oxiclina se observó a 9,5 m de profundidad en Arica y a 2,1 m en Iquique (**Tabla 3**). En cuanto a la salinidad esta varió entre 34,972 y 35,044 ups a 34,767 y 34,898 ups asociadas a las capas de fondo entre Arica e Iquique (**Tabla 4**).

Tabla 3. Estadísticos básicos de la profundidad de la capa de mezcla, profundidad de la termoclina y oxiclina frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones – Octubre 2014.

	Profundidad Capa mezcla (m)	Profundidad Termoclina (m)	Profundidad Oxiclina (m)
Arica	6,3	11,5	9,5
Iquique	1,6	2,6	2,1
Mejillones	2,4	6,58	-

Tabla 4. Estadísticos básicos de la salinidad de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones – Octubre 2014.

Salinidad (ups)	Mínima	Máxima	Promedio
Arica	33,972	35,044	34,810
Iquique	34,514	34,904	34,836
Mejillones	34,806	34,851	34,8274

Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto se observaron valores mínimos del orden 0,11 ml/L que representan una condición de anoxia en las capas de fondo bajo los 10 m de profundidad. Se observaron valores máximos en torno a los 6,76 – 5,28 ml/L asociado a las capas superficiales de Arica e Iquique. En Mejillones no se realizaron mediciones de oxígeno.

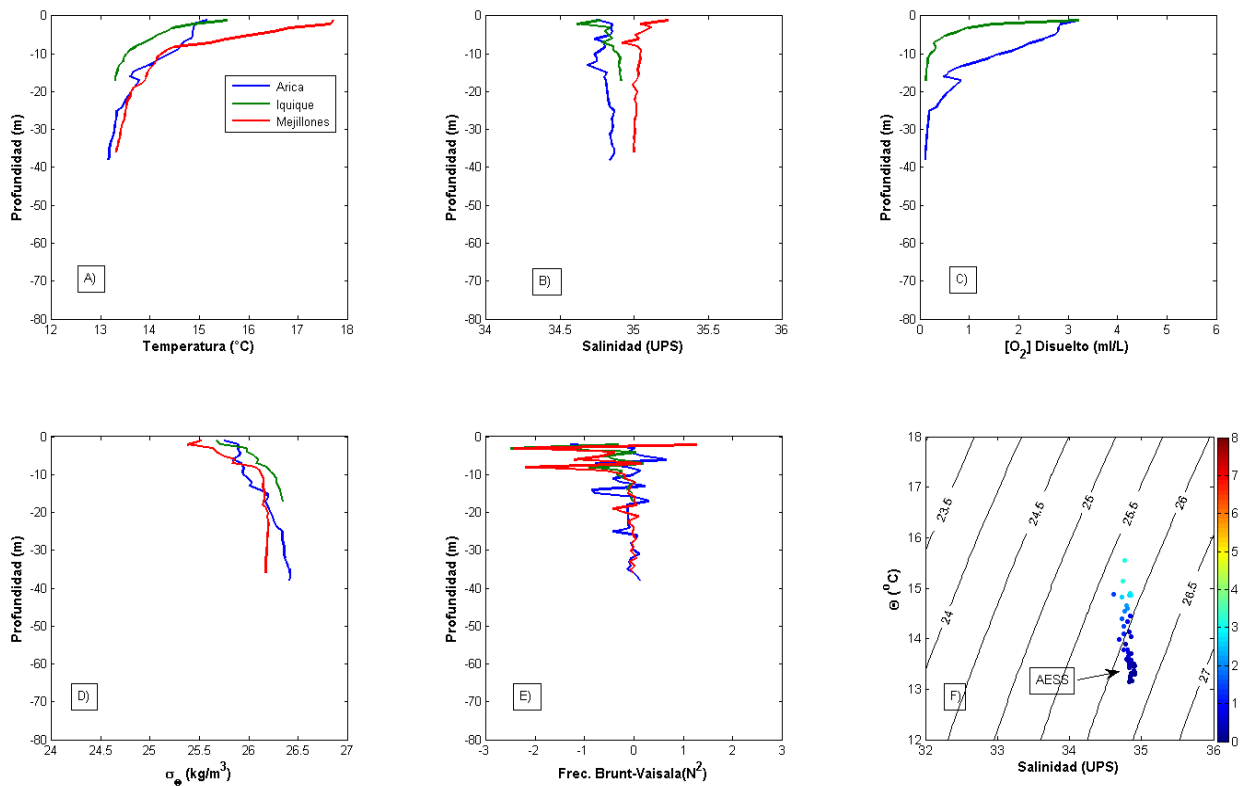
Tabla 5. Estadísticos básicos de la concentración de oxígeno de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones – Octubre 2014.

Oxígeno (ml/L)	Mínima	Máxima	Promedio
Arica	0,09	6,76	1,804
Iquique	0,06	5,28	0,888
Mejillones	-	-	-

En términos de la estabilidad de la columna de agua se calculó para cada estación la frecuencia de Brünt-Väisälä observando valores bajos ($N^2 < 0$) lo que representa que al momento de las mediciones existía una gran homogeneidad vertical del sistema, asociado a un mayor grado de mezcla de la columna de agua, en las tres localidades. Se observa además la intrusión de la masa de agua AESS asociada a la mínima de oxígeno presente (**Figura 2f**).

Se destaca la presencia de una termoclina estacional, con un gradiente vertical de 0,01°C/ 1 m para Iquique, del orden de 0,1°C/ 1 m para Iquique y de 0,6°C/ 1 m para Mejillones (**Figura 2a**).

Figura 2. Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad (ups), c) Concentración de oxígeno disuelto (ml/L), d) Densidad ($\rho - 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), e) Frecuencia de Brunt-Väisälä (N^2) y f) Diagrama T-S y concentración de oxígeno en barra de color, para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.



Se destaca la presencia de una termoclina estacional, con un gradiente vertical de 0,01°C/ 1 m para Iquique, del orden de 0,1°C/ 1 m para Iquique y de 0,6°C/ 1 m para Mejillones(**Figura 2a**).

Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 17 muestras zooplanctónicas recolectadas entre el 13 y el 17 de octubre de 2014, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, permitió determinar la presencia de 875.273 huevos y 25.395 larvas, de los cuales 866.350 huevos (98,9%) y 24.841 larvas (97,81%) fueron identificados a nivel específico.

El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondientes a las muestras analizadas se entrega en la **Tabla 6**. Cabe señalar que en esta oportunidad, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de jurel, caballa y sardina. Solo un registro positivo a huevos de machuelo se verificó a 1 mn al oeste de Arica (41 huevos).

Con respecto a las fases larvarias de anchoveta identificadas, es importante señalar que la gran mayoría fueron detectadas en estado yolk-sac, exhibiendo tallas muy pequeñas.

La alta frecuencia de estaciones positivas a huevos y larvas de anchoveta y sus altas abundancias son concordantes con los altos valores de **IAD** registrados para la semana 42 (**IAD** promedio = 28,2; **IGS** promedio = 5,5 (datos CIAM, J.Oliva, com. personal)). Situación que es coherente con el patrón histórico que presenta el **IAD** y el **IGS** para la zona norte de Chile, el cual se caracteriza por presentar desoves intensos durante julio y octubre. Cifras inferiores a los umbrales (**IGS** $\geq 6,5$; **IAD** $\geq 25\%$) serían indicativos de una baja en la actividad ovarica y en la intensidad del desove.

Anchoveta, *Engraulis ringens*

Para esta especie se identificaron 17 estaciones positivas para huevos y 14 para larvas, lo que representó una frecuencia de 100% y 82,35% y una dominancia numérica igual a 98,98% y 97,82% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 6**).

El análisis de las muestras recolectadas en las 17 estaciones zooplanctónicas permitió verificar la presencia de 866.309 huevos y 24.841 larvas, señalando una

situación característica de una importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y el puerto de Mejillones (23°03'S).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 788 y 423.574 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 50.959 (DS= 110635,1) (**Tabla 6**).

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove ocupó todo el rango latitudinal y longitudinal prospectado.

Las zonas de mayor abundancia (> 250.000 huevos/10m²) se localizaron frente a Arica, encontrándose configuradas por 2 registros positivos de un total de 17 (11,8%), los que en conjunto albergan al 81,1% del total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las anteriormente mencionadas, presentan también niveles de abundancia cuantitativamente importantes, comprendidos dentro del rango 780 a 32.991 huevos/10m². En este contexto, las estaciones positivas más relevantes en términos de su abundancia para la zona de estudio, se localizaron a 3 (Est N°2) y 5 (Est N°4) mn frente al puerto de Arica con 423.574 y 279.099 huevos/10m², respectivamente (**Figura 3**).

Las fases larvianas se presentaron en 14 registros positivos de un total de 17, con una densidad igual a 24.841 larvas/10m². Respecto a las concentraciones larvianas, éstas fluctuaron entre 59 y 9.030 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 1.461 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 1.774 (DS= 2968,79).

Las zonas cuantitativamente más significativas (> 9.000 larvas) se localizaron frente Mejillones, encontrándose configuradas por 2 registros positivos, los que en conjunto albergan al 72,6% del total de larvas de anchoveta cuantificadas. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las ya mencionadas, presentan también niveles de abundancia importantes comprendidos dentro del rango 59 a 2.198 larvas/10m². En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la designada con el número 16, situada a 5 mn frente a la localidad de Mejillones, con 9.030 larvas/10m² (36,3%) (**Figura 4**).

Tabla 6. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces. Octubre 2014 puertos Arica, Iquique y Mejillones.

Huevos	Anchoveta	Machuelo	Otros Huevos	Total Huevos
N°Total Estaciones	17	17	17	17
N° Estaciones positivas	17	1	10	17
Abundancia (H/10m ²)	866309	41	8922	875273
Mínimo Est (+)	788		90	788
Máximo Est (+)	423574		5007	423749
Std.Dev Est (+)	110635,1		1386,81	110571,96
Media Est. Positivas	50959		892	51487
Media Est. Totales	50959		525	51487
Constancia	100,00		58,82	100,00
Dominancia numérica	98,98		1,02	100,00
CV(%)	2,17		1,55	2,15

Larvas	Anchoveta	Machuelo	Otros Larvas	Total Larvas
N°Total Estaciones	17	17	17	17
N° Estaciones positivas	14		7	15
Abundancia (L/10m ²)	24841		554	25395
Mínimo Est (+)	59		61	59
Máximo Est (+)	9030		90	9030
Std.Dev Est (+)	2968,79		33	2890
Media Est. Positivas	1774		79	1693
Media Est. Totales	1461		33	1494
Constancia	82,35		41,18	88,24
Dominancia numérica	97,82		2,18	100
CV(%)	1,67		0,41	1,71

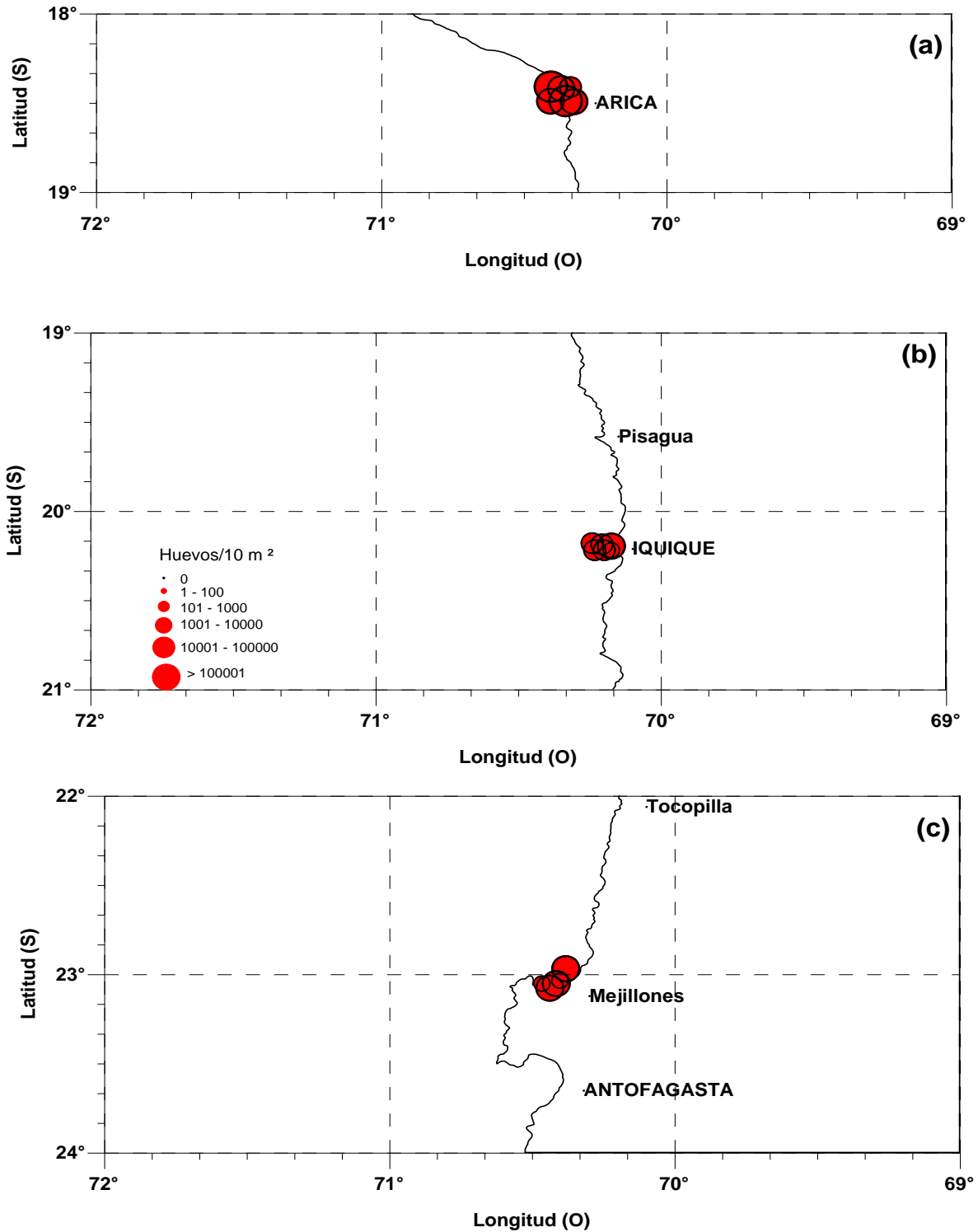


Figura 3. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Octubre 2014.

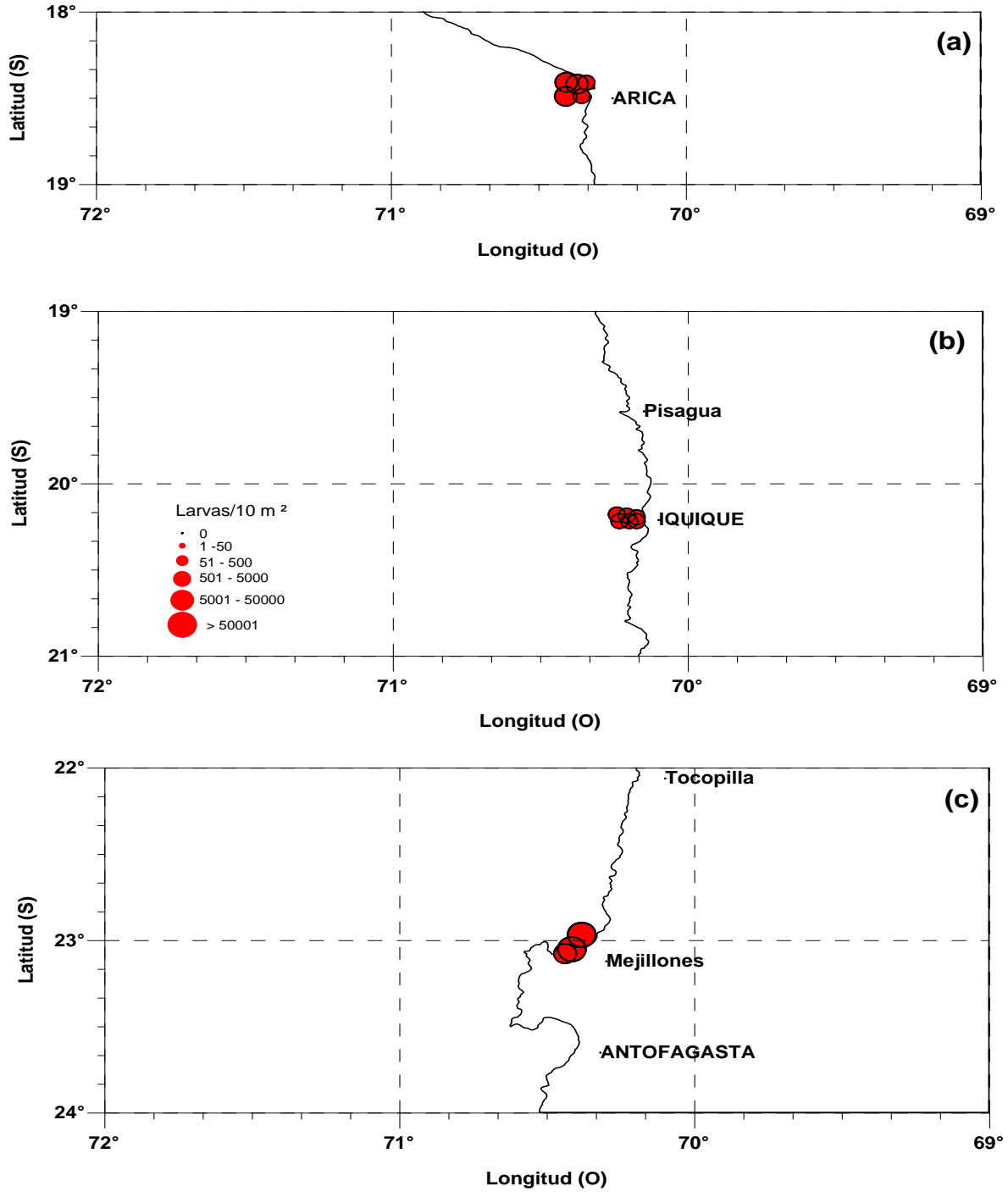


Figura 4. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Octubre 2014.

Comparado con la fase de huevo, y como habitualmente acontece, las larvas de anchoveta exhiben una menor abundancia relativa, situación que se produce debido al proceso de dispersión y transporte que afecta a estas fases ontogénicas en el transcurso del desarrollo embrionario y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas mas desarrolladas, la cual se manifiesta por una diferencia porcentual de -17,6% en la frecuencia de estaciones positivas y de -96,5% y -97,1% en la densidad promedio por estaciones totales y positivas, respectivamente; (**Tabla 6**).

En la **Tabla 7**, se entregan las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona de estudio obtenidas para octubre de 2014, mediante procedimiento tradicional y distribución delta.

Tabla 7. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Octubre 2014.

Huevos	Media Est. Totales	V(media Est. Totales)	CV (%)	Media D. Delta	V(media D. Delta)	CV (%)
Octubre 2014	50959	796057984,668	55,0	491,383	57561,395	48,8
Larvas						
Octubre 2014	1461	497787,622	48,0	1312,032	448794,44	51,1

En la **Tabla 8** se aprecia que para el puerto de Arica las máximas abundancias de huevos de anchoveta se detectaron a 3 y 5 mn de la costa y para las fases larvarias a 5 mn.

En Iquique, se registran las mas bajas abundancias de huevos y larvas con respecto a los puertos de Arica y Mejillones lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a -96,2% y - 67,1, respectivamente.

En Mejillones se verifica el segundo foco importante de abundancia de huevos y el más relevante para el estadio de larvas de la zona de estudio.

Tabla 8. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la distancia de la costa para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre 2014.

DC (mn)	Huevos de Anchoveta(N°/10m ²)			Larvas de Anchoveta (N°/10m ²)		
	1	3	5	1	3	5
Arica						
18°29'S	10.401	423.574	18.380	-	262	807
18°24'S	3.420	16.259	279.099	469	654	2.198
Total	13.821	439.833	297.479	469	916	3.005
%	1,84	58,6	39,6	10,7	20,7	68,5
Iquique						
20°11'S	11.259	2.769	4.787	210	66	197
20°13'S	982	4.304	4.424	82	184	59
Total	12.241	7.073	9.211	292	250	256
%	42,9	24,8	32,3	36,6	31,3	32,1
Mejillones						
23°03'S	32.991	24.428	910	1.609	9.013	-
22°58'S	788	-	27.533	-	-	9.030
Total	33.779	24.428	28.443	1.609	9.013	9.030
%	38,9	28,2	32,8	8,2	45,9	45,9

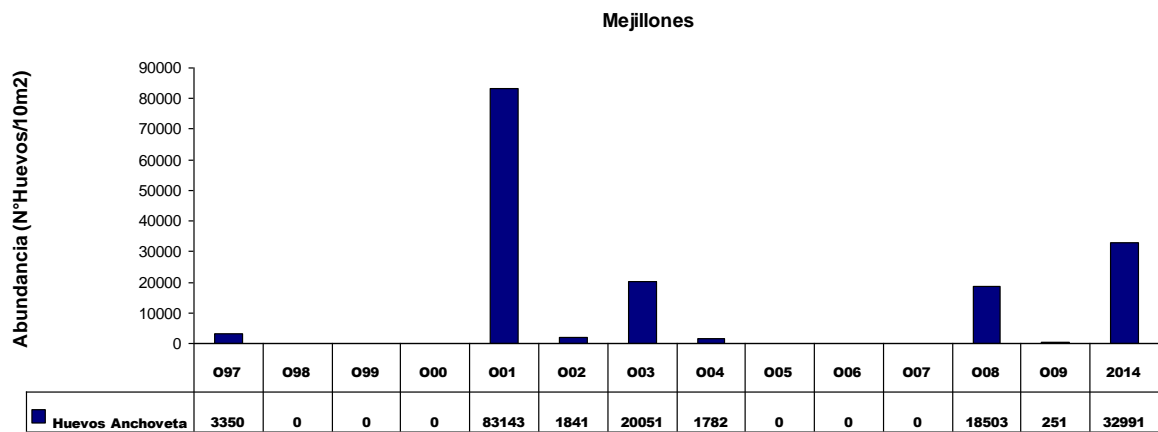
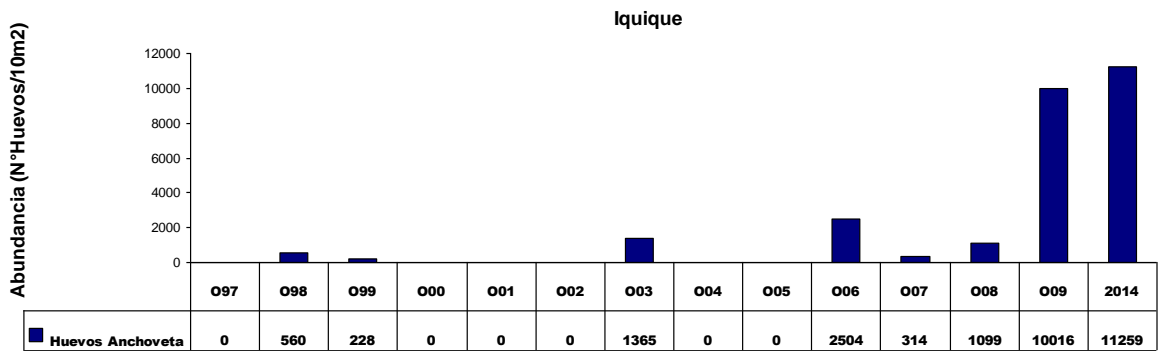
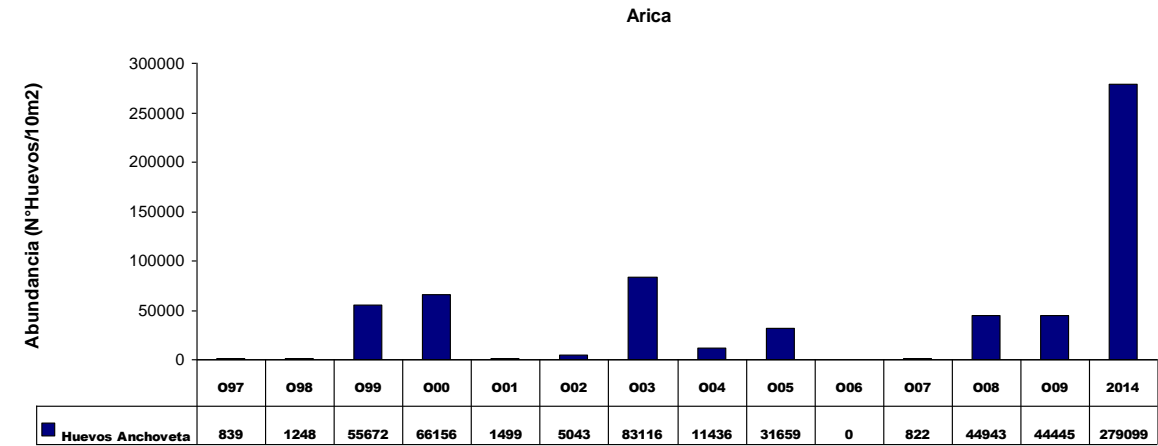


Figura 5. Abundancia de huevos de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Octubre 1997 - 2014

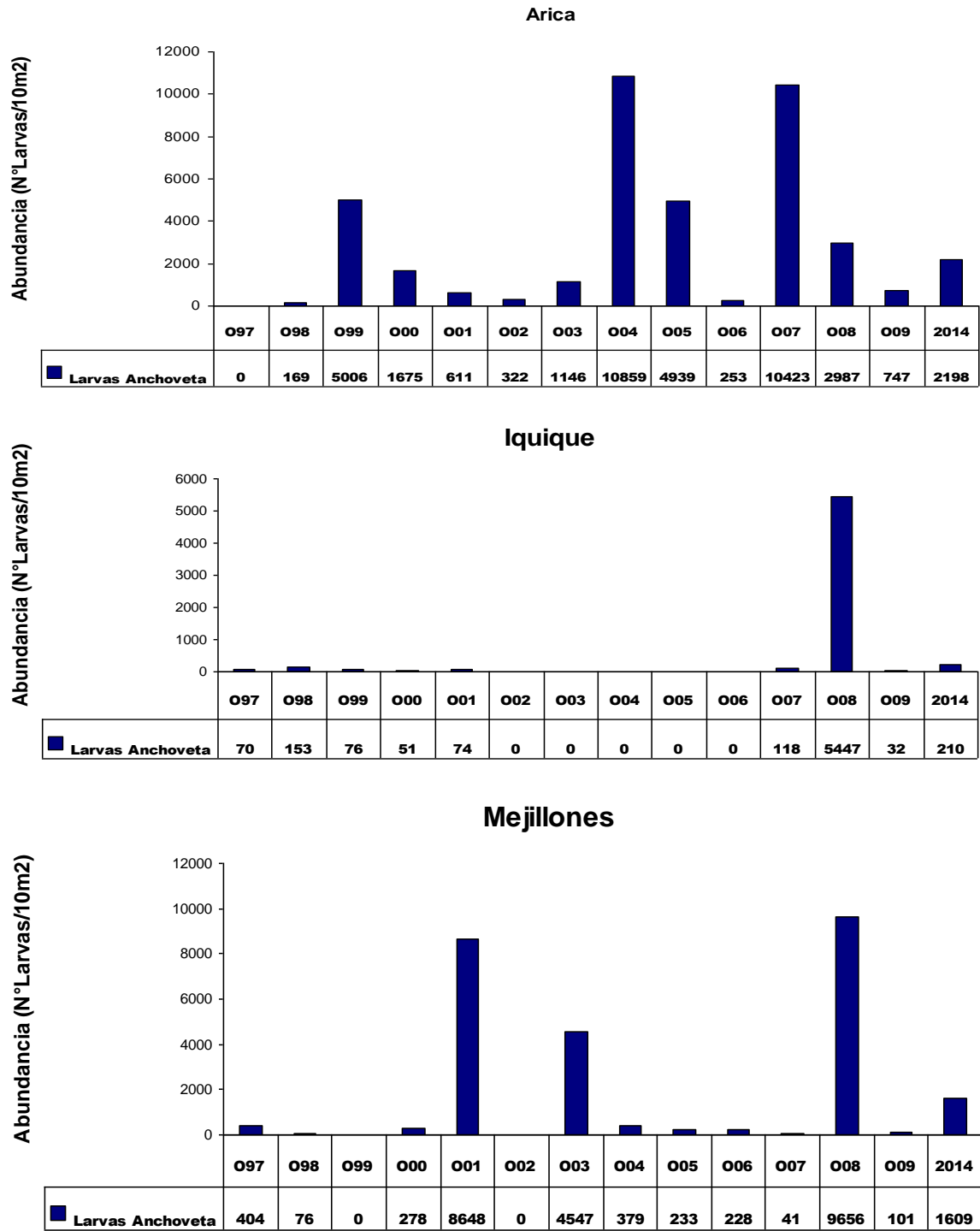


Figura 6. Abundancia de larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Octubre 1997 - 2014

Para efectos comparativos se seleccionaron en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones las estaciones asignadas con los números 4, 7 y 13, respectivamente. De acuerdo al número de huevos y para la zona de estudio, la prospección de octubre de 2014 presentó con respecto a octubre de 2009 para las localidades de Arica, Iquique y Mejillones un porcentaje de cambio positivo igual a 528%, 12,4% y 13049%, respectivamente, constituyéndose octubre de 2014 para las localidades de Arica e Iquique, en el registro más importante en cuanto al número de huevos cuantificados de la serie octubre 1997 – octubre 2014 y el segundo más relevante para el puerto de Mejillones (**Figura 5**).

La abundancia de larvas de anchoveta obtenida en octubre de 2014, respecto a las reportadas en octubre de 2009, muestra diferencias porcentuales positivas para las tres localidades, siendo iguales a 194% en Arica, 556% frente a Iquique y 1493% en Mejillones, constituyéndose octubre de 2014 en el sexto, segundo y cuarto registro más relevante, respectivamente (**Figura 6**).

Estimación de la biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria presente en las estaciones de vigilancia de frecuencia observacional mensual, estuvo dominada durante el mes de octubre por copépodos, decápodos y medusas en Arica. En Iquique las muestras estuvieron constituidas mayoritariamente por copépodos, decápodos, quetognatos y medusas de pequeño tamaño y frente a Mejillones además de los grupos ya mencionados, se adicionan los pterópodos y sifonóforos.

La biomasa en la zona de estudio fluctuó entre 1 – 468 ml de zooplancton/1.000 m³, con una media igual a 194, correspondiendo ambos valores extremos al puerto de Mejillones (**Figura 6**). En general, predominaron las categorías de densidades comprendidas entre 34-100 (23,5%) y 101-300 (52,9%) (**Figura 7**). La biomasa registrada en Arica denota una disminución importante con respecto al mes de octubre precedente exhibiendo una diferencia porcentual de -42,5%. La misma situación se verifica en Iquique y Mejillones con porcentajes de cambio iguales a -19,9% y -15,9%, respectivamente (**Tabla 9**).

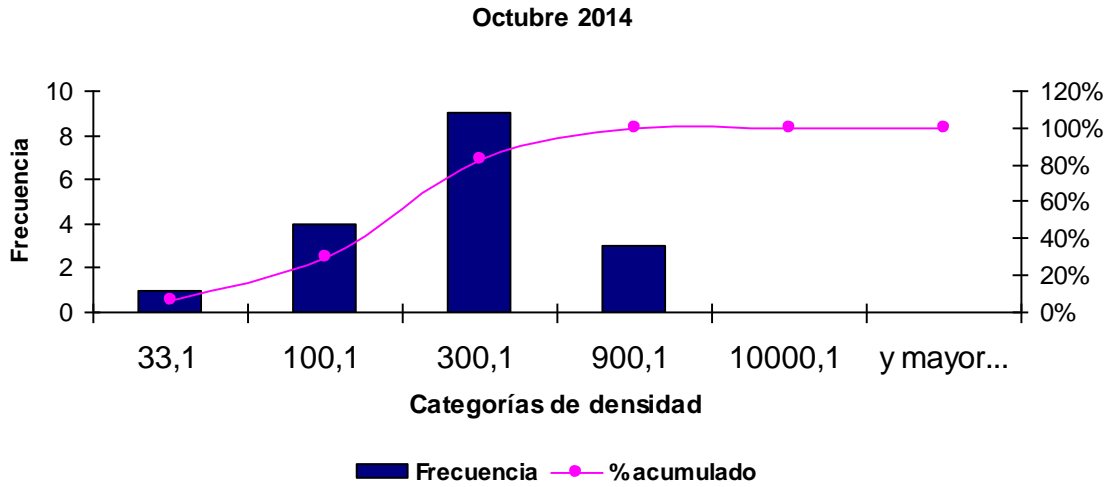


Figura 7. Categorías de densidad de la estimación de la biomasa zooplanctónica en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones – Octubre 2014.

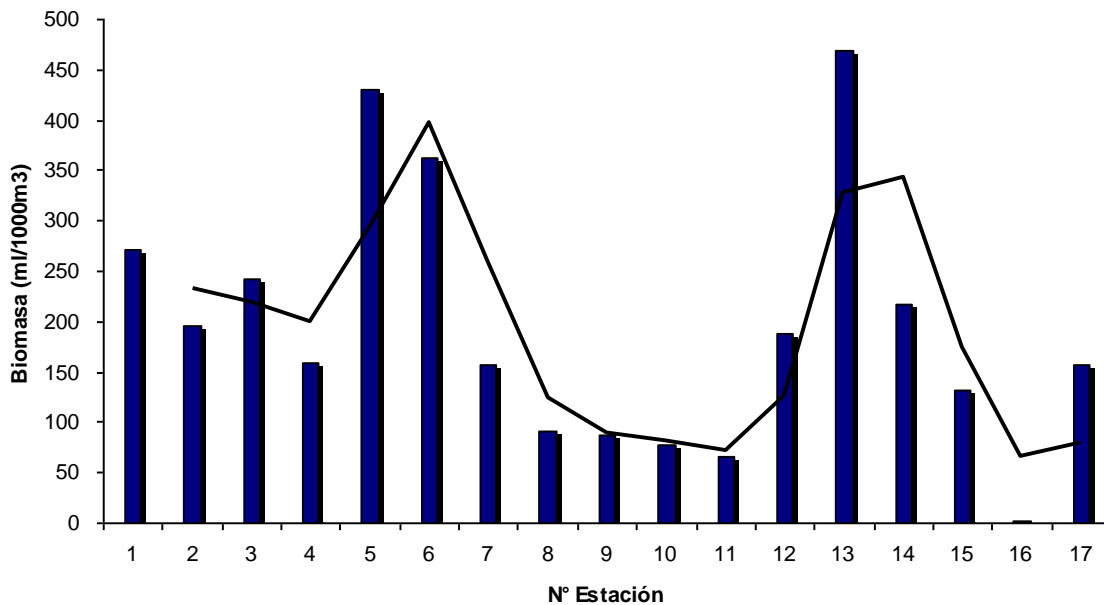


Figura 8. Abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica Zona Norte Octubre 2014. (Estaciones numeradas de norte a sur).

Tabla 9. Abundancia de la biomasa zooplanctónica en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Octubre 2001 – Octubre 2014.

Biomasa	Arica	Iquique	Mejillones	Promedio
Oct 2001	278	219	83	193
Oct 2002	90	-	107	99
Oct 2003	491	366	185	347
Oct 2004	301	-	378	340
Oct 2005	620	602	820	681
Oct 2006	316	781	474	524
Oct 2007	605	269	70	315
Oct 2008	116	1529	518	721
Oct 2009	275	196	557	343
Oct 2014	158	157	468	261

CONCLUSIONES

- Durante octubre de 2014, se presentó una condición estratificada normal, en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Con temperaturas mínimas en Arica, Iquique y Mejillones del orden de 12,61°C; 12,19°C y 13,31°C respectivamente. Las temperaturas máximas variaron entre 16,9°C (Iquique) a 17,8°C en Arica, asociadas a las capas superficiales.
- La profundidad de la termoclina fluctuó entre 2,6 m en Iquique a 6,5 m en Mejillones y 11,5 en Arica. La profundidad de la oxiclina se observó a 9,5 m de profundidad en Arica y a 2,1 m en Iquique. En cuanto a la salinidad esta varió entre 34,972 y 35,044 ups a 34,767 y 34,898 ups asociadas a las capas de fondo entre Arica e Iquique).
- En términos de la estabilidad de la columna de agua se observan valores bajos en la frecuencia de Brünt-Väisälä ($N^2 < 0$) lo que representa que al momento de las mediciones existía una gran homogeneidad vertical del sistema, asociado a un mayor grado de mezcla de la columna de agua, en las tres localidades. Se observa además la intrusión de la masa de agua AESS asociada a la mínima de oxígeno presente. Se destaca la presencia de una termoclina estacional, con un gradiente vertical de 0,01°C/ 1 m para Iquique, del orden de 0,1°C/ 1 m para Iquique y de 0,6°C/ 1 m para Mejillones.
- La distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove ocupó todo el rango latitudinal y longitudinal prospectado.
- Se verificó la presencia de 866.309 huevos y 24.841 larvas de anchoveta, señalando una situación característica de una importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y el puerto de Mejillones (23°03'S).
- Las fases larvarias de anchoveta exhibieron abundancias que fluctuaron entre 59 y 9.030 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 1.461 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 1.774 (DS= 2968,79).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alheit, J. & P. Bernal. 1993.** Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Currents Ecosystem, IN: Large marine ecosystem. V: Stress, migration and sustainability, K. Sherman, L. M. Alexander and B. D. Gold, editors, American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., pp 53-68.
- Arcos, D. F. 1975.** Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1 - 31.
- Aron, A. 1980.** Taxonomía, Distribución y Abundancia de las larvas de Peces en la bahía de Concepción (36°04'S, 73°02'W), Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 68 p.
- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bakun, A. 1975.** Daily and weekly upwelling indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.
- Bakun A. and R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. *CalCOFI. Rep.*, Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. 1987.** Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes.* D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) *ICLARM Studies and Reviews* 15: 46-74.
- Bakun, A. 2006.** Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Scientia Marina.* 70 (S2): 105-122.
- Balbontín, F. y M. Garretón. 1977.** Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, *Sardinops sagax*, en Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.* 16(2): 171-181.
- Balbontín, F. y R. Pérez. 1980.** Descripción de los estados larvales de *Normanichthys crockeri* Clark (Perciformes: Normanichthyidae) del área de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 17:81-95.
- Barber R.T. & W.O. Smith. 1981.** The role of Circulation, Sinking, and Vertical

Migration in physical sorting of Phytoplankton in the Upwelling Center alt 15°S. In: Coastal Upwelling, F. Richards (ed.), Amer. Geophys. Union. Washington, 366-371.

Barber R.T. y E. P. Chavez. 1983. Biological consequences of El Niño. Science 22: 1203-1210.

Barbieri, M., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro y E. Yáñez. 1995. Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 23:99-122.

Bodenheimer, F. 1955. Précis d écologie animales. Payot, París

Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina.

Blanco, J.L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile, Informe Interno para IFOP.

Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. Journal Geophysical Research, 106, C6, 11451-11467.

Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub, 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. Journal Geophysical Research , 107, C3.

Bougis, P.1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200 p.

Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras. (monitoreo mayo 97 a dic 97)

Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.

Braun, M., H. Reyes, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J. L. Blanco. 2005a. Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP N° 2003-01.

- Braun, M., V. Valenzuela, H. Reyes, J. Castillo, M. Pizarro y V. Catasti. 2006.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2004. Informe Final FIP N° 2004-01. Instituto de Fomento Pesquero.
- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Letelier, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra & F. Espíndola. 2007.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2006. Informe Final. FIP 2006-01. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 327.
- Braun, M., Valenzuela, V., Reyes, H., Castillo, J., Pizarro, M., Catasti, V., Saavedra, J., Letelier, J. & Espindola, F. 2007.** Monitoreo de las condiciones biooceanográficas entre la I y IV regiones, año 2006. Informe Final. (p. 554). Valparaíso: Fondo de Investigación Pesquera
- Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990.** Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca N° 274. 281 p.
- Cañón, J. R. 1986.** Variabilidad ambiental en relación con la pesquería pelágica de la zona norte de Chile. In: "La pesca en Chile", P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso:195 – 205.
- Carpenter, J.H. 1965.** The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10:141-143.
- Chávez, F.P., P.G. Strutton & M.J. McPhaden. 1998.** Biological-physical coupling in the central equatorial Pacific during the onset of the 1997-98 El Niño. *Geophysical Research Letters* 25: 3543-3546.
- Checkley, D. M., P. B. Ortner, S.r. Cummings and L.R Settle. 1997.** A continuous underway fish egg sampler. *Fish. Oceanogr.* 6:58-73.
- Chiechomski, J.D. de.1971.** Distribución regional y cuantitativa de huevos de anchoita (*Engraulis anchoita*), caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) y sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) en el mar Argentino. CARPAS Doc. Ocas.,(5/D.Téc.6):12p.
- Cipollini, P., D Cromwell, P.G. Challenor, & S. Raaglio. 2001.** Rossby waves detected in global ocean colour data. *Geophys. Res. Lett.*, 28(2), 323-326.
- Cochran, W.G. 1977.** Técnicas de Muestreo. Com. Ed. Cont. S.A. México 22, D.F. 263 pp.

- Ducet, N., P.y. Le Traon and G. Reverdin. 2000.** Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERS-1 and ERS-2. *J. Geophys. Res.*, 105, 19477 – 19498.
- Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola.1963.** Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) *Bol.Inst.Rec.Mar.*, Callao, 1(1):1-23.
- Fahay, M.P.1983.** Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, cape hatteras to the southern scotian shelf *J. north west Atl.Fish.Sci.*4,423p.
- Fischer, W.1958.** Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta"(*Engraulis ringens*) *Jenyns.Rev.Biol.*8(1,2 y 3):111-124.
- Frontier, S.1980.** Métodos de análisis rápido en muestras planctónicas. *Acta Oceanog.. Pacífico*, 1(1): 137 – 145.66. Zooplankton de la región de Nosy-Bé I)Programa des recortes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10.*Cah Orstom (océanogr.)*, 4(3):3-37.
- Frontier, S. 1966.** Zooplankton de la región de Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d'etude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. *Cah Orstom (océanogr.)*, 4(3):3-37.
- Grasshoff, K., K. Kremling and M. Ehrhardt. 1999.** *Methods of Seawater Analysis*. 3rd edition. Wiley-VCH, Germany, 600 pp.
- Griffiths, F. B., G. H. Brown, D. D. Ried y R. R. Parker. 1984.** Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. *J.Plank. Res.*, 6(5) : 721-731.
- Greenwood, P, D.Rosem, S.Weitzman y G.Myers.1966.** Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of living forms. *An.Mus.Nat.Hist.*, Bull 131(4):341-455.
- Hormazabal, S., G. Shaffer, J. Letelier & O. Ulloa 2001.** Local and remote forcing of the sea temperature in the coastal upwelling system off Chile. *Journal of Geophysical Research*. 106 (C8): 16657-16671.
- Hormazábal S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gomez y G. Yuras, 2004a.** Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). *Gayana (Concepc.)*, 2004, vol. 68, N°2, suppl, p.291-296. ISSN 0717-6538.
- Hormazabal S., G. Shaffer, O. Pizarro & M. Ramos. 2004b.** Interannual modulation of seasonal-scale variability in Alongshore flow off Chile. Draft submitted to *Geophysical Research Letter*.

- Jacob, B. 2002.** Variabilidad espacio temporal de las condiciones oceanográficas físicas y biológicas asociadas a la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile, durante los períodos pre El Niño (1995-96) y El Niño (1997-98). Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca y Acuicultura. Univ. del Mar.
- Matarese, A.C., A.W.Kendall, Jr., D.M.Blood and B.M.Vinter.1989.** Laboratory guide to early life history stages of northeast pacific fishes.NOAA Technical Report NMFS80.
- McGillicuddy, JR., D. J., D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. McNeil, A. F. Michaels and A. H. Knap. 1998.** Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea. Nature. 394: 263-266.
- Millero, F. and A. Poisson 1981.** International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- Morales C. E., J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes and A. G. Davies. 1996.** Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm sequence (1990-1995). Invest. Pesq., Valparaíso: 24, 77-96.
- Morales, C.E., Hormazabal, S.E., Blanco, J.L., 1999.** Interannual variability in the mesoescala distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. Journal of Marine Research 57, 909-932.
- Moser, H.G. and E.H. Ahlstrom.1970.** Development of lantern fishes family Myctophidae) in the California Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae.Bull.Los Ang.Cty.Mus.Nat. Hist. Sci.7:1-145.
- Narváez, D. 2000.** Observaciones de vórtices de meso escala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetría satelital y datos hidrográficos. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 47 pp.
- Newell, G. E. y R. C. Newell. 1966.** Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- Oliva, J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Castañi, H. Reyes y P. Barría. 2002.** Evaluación del stock desovante de anchoveta a través del método de producción de huevos. Año 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero.

Valparaíso.

- Oliva, J., C. Montenegro, O. Rojas, H. Reyes, V. Catasti, E. Díaz, P. Barria, R. Serra, V. Baros, A. Vargas, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, R. Escribano y M. Oliva. 2002.** Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.
- Olivar, M. P. and J.M. Fortuño.1991.**Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI. Mar., 55(1):1-383.
- Orellana, M.C. y F. Balbontín.1983.** Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. Rev.Biol.Mar., Valparaíso, 19(1):1-46.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993.** Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Pennington. M. 1986.** Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.
- Pérez, R. 1978.** Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces de la bahía de Valparaíso, Informe de Práctica Profesional para optar al título de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile. Sede regional Talcahuano, 238 pp.
- Pizarro J., W. Palma y Claudio Flores. 1998.** Validación de la hipótesis de mortalidad por inanición en larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histológico en un área de surgencia costera en el norte de Chile. En: Invest. Mar., Valparaíso, 26: 97-108.
- Postel, L., H. Fock and W. Hagen. 2000.** Biomass and abundance. In: Zooplankton methodology manual. Ed: R.P Harris, P.H. Wiebe, J.Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.
- Reyes, H. 2004.** Variación espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S-24°00'S) en el período 1980 – 2001. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 114 pp.
- Reyes, H, J. Letelier, M. Pizarro, L. Herrera y E. Santander. 2009.** Distribución espacial de variables oceanograficas fisicas y quimicas. En: Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV

Regiones, año 2008. FIP 2008-21. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 252.

- Reynolds, R. 1982.** A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Rojas, O., y A. Mujica. 1981.** Delimitación de las areas de desove, prereclutamiento y estimación de la abundancia relative de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Santiago, Chile, IFOP: 82pp.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983.** Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.
- Rojas, O. 1986.** Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina española, jurel y anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, durante el invierno de 1985. Programa Investigaciones Pesqueras de recursos Pelágicos Zona Norte. IFOP-22pp+ Anexos.
- Rojas, R. y N. Silva. 1996.** Atlas Oceanográfico de Chile. (18°21'S – 50°00'S). Volumen I. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 224 pp..
- Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs. 2000.** Collecting Zooplankton. En: ICES. Zooplankton Methodology Manual. 55-81 pp.
- Santander, H. y O.S. de Castillo.1972.** Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf.Inst.Man. Perú-Callao (36):1-22.
- Santander, H.,J.Alheit y P.E.Smith.1984.** Estimación de la biomasa de la población desovante de Anchoveta Peruana *Engraulis ringens*, 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos".mimeo.
- Silva, N. 1983.** Masas de agua y circulación de la región norte de Chile. Latitudes 18°S-32°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE XI - ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA. 7: 47-84.*
- Silva N 1987.** Contenido de sales nutrientes de las aguas del norte de Chile (Crucero MARCHILE XII-ERFEN III). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA, 11: 95-117.*
- Silva N, C Calvete y H Sievers. 1997.** Características Oceanográficas Físicas y

Químicas de Canales Australes Chilenos entre Puerto Montt y Laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Ciencia y Tecnología del Mar*.20: 23-106.

- Silva, C., E. Yañez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003.** Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila *a* y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. *In: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile*. Valparaíso, 157-162.
- Silva N, N Rojas and A Fedele. 2009.** Water masses in the Humboldt Current System: Properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. *Deep-Sea Research II*, Vol, 56, 1004–1020.
- Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984.** Timing of spawning of Atlantic herring *Clupea harengus* populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1005-1065.
- Sinclair, M., M.J. Tremblay y P. Bernal. 1985.** El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42:602-608.
- Smith, D.B. y K. Johnson. 1996.** A guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Sec. Ed. 221 p.
- Smith, P.E. y S.L.Richardson.1979.**Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos.FAO.Doc.Téc.Pesca (175):107 p.
- Stéfansson, G. 1996.** Analysis of groundfish survey abundance data; combining the GLM and delta approaches *ICES J. Mar. Sci.* 53: 577-588
- Strub, P., P. Kosro y A. Huyer. 1991.** The nature of the filaments in the California Current System. *J. Geophys. Res.*, 96: 14743 – 14768.
- Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutlland & S. Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western south America. Chapter 10. *En. The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis*. vol.11 A. R. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 273-313 pp.
- Thiel M, E.C. Macaya, E. Acuña, W.E. Arntz, H. Bastias, K. Brokordt, P.A. Camus, J. Castilla, L.R. Castro, M. Cortés, C.P. Dumont, R. Escribano, M. Fernandez, J.A. Gajardo, C.F. Gaymer, I. Gómez, A.E. González, H.E. González, P.A. Haye, J.E. Illanes, J.L. Iriarte, D.A. Lancellotti, G. Luna-Jorquera, C. Luxoro, P.H. Manríquez, V. Marín, P. Muñoz, S.A. Navarrete, E. Pérez, E. Poulin, J. Sellanes,**

- H.H. Sepúlveda, W. Stotz, F. Tala, A. Thomas, C.A. Vargas, J.A. Vásquez y J.M. Alonso. 2007.** The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: Oceanographic Processes, Ecological Interactions and Socioeconomic Feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45, 195-344.
- Ulloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quinonez, R., Gonzalez, R. 2001.** Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in northern Chile. *Geophysical Research Letters*. 28: 1591-1594.
- Vidal, J. 1968.** Copépodos Calanoídeos epipelágicos de la expedición Marchile II, *Gayana Zool.*, 15:1-98.
- Yáñez E., V. Catasti and M. A. Barbieri. 1997.** Relationships between the small pelagic resources distribution and the sea surface temperature by NOAA satellites from Chile central. *In: Proceedings of the Fourth International Conference "Remote sensing for marine and coastal environments: technology and applications"*. ERIM, Michigan, USA. Vol II.
- Yáñez, E., M García y M.A. Barbieri. 1998.** Pelagic fish stocks and environmental changes in the south-east Pacific. In: *Global versus Local Changes in Upwelling Systems*. M. Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun y D. Pauly (Eds.), ORSTOM Editions, Paris, 275-291.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, K. Nieto & F. Espíndola. 2001.** Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Progress in Oceanography* 49,581-596.
- Yáñez, E., M. A. Barbieri & C. Silva. 2003.** Fluctuaciones ambientales de baja frecuencia y pesquerías pelágicas chilenas. En: *Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile*. E. Yáñez (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 109-121.
- Yáñez, E., C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, N. Silva, S. Hormazabal, A. Montecinos, L. Cubillos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005.** Análisis integrado histórico ambiente – recursos, I y II Regiones. Informe Final FIP N° 2003–33. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 164 p + Anexos.
- Yuras, G., O. Ulloa & S. Hormazabal. 2005.** On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18°–40°S). *Geophysical Research Letters*. 32: L23604, doi:10.1029/2005GL023946.
- Zar, J. 1974.** *Biostatistical Análisis*. Prentice-Hall. 620 p.

Zeitzchel (eds.). *Upwelling in the Oceans: Modern Processes and Ancient Records*. John Wiley & Sons. 65–81.