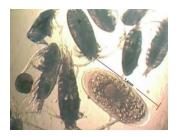


COD: 16.IN-08.16.16



REPORTE N° 19

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LA CONDICIÓN DEL RECURSO ANCHOVETA (Engraulis ringens) CON ENFASIS EN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS

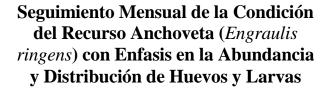


MAYO - 2016



REPORTE N° 19

















Centro de Investigación Aplicada del Mar S.A., CIAM

Director Ejecutivo: Carlos Merino Pinochet **Director Científico:** Jorge Oliva López

Autores: Mauricio Braun Alegría Liliana Herrera Campos

• Mayo 2016 •



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

Reporte N° 19

RESUMEN EJECUTIVO

Metodológicamente, se realizó el muestreo bio-oceanográfico entre el 12 y el 15 de abril de 2016 a bordo de las lanchas de servicio de Corpesca S.A. "Fardela" "Río Loa 3" y "Tucán 2" para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, respectivamente. Las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual, se localizaron a 1, 3 y 5 mn de la costa frente a Iquique y Arica, con el fin de recabar los datos oceanográficos físicos y biológico-pesqueros; y posteriormente, procesar y analizar la información para determinar y evaluar las condiciones bio-oceanográficas correspondientes al mes de abril de 2016 en la zona norte del país.

Los principales resultados del muestreo bio-oceanográfico realizado en abril de 2016 en la zona norte, son los siguientes:

Los valores de oxígeno disuelto detectados, especialmente en la franja costera (1mn), sugieren la influencia de aguas del tipo Ecuatorial Subsuperficial (AESS) asociadas a procesos de surgencia costera. Al respecto, los valores del Transporte de Ekman (TEk) indicaron procesos activos en las tres localidades, aunque menos intensos que los registrados durante marzo de 2016. Esto fue más evidente en Antofagasta, donde predominaron valores cercanos a 1.000 m³/s/km. En Arica e Iquique, la tendencia fue similar, pero máximas superiores a 2.000 m³/s/km se observaron con mayor frecuencia).

La biomasa fitoplanctónica experimentó un notorio descenso. Considerando como biomasas altas aquellas superiores a 10,0 μ g Cl-a/L, el sistema, en general presentó una condición pobre, especialmente Arica e Iquique, donde los valores escasamente superaron los 5,0 μ g Cl-a/L. Dada la estacionalidad imperante, la condición del sistema está dentro de un cuadro normal.

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en abril de 2016, valores comprendidos entre 80 y 482 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona igual a 199 (DS = 119,05),



cifra 13,1% menor respecto a la obtenida en marzo de 2016, con una leve tendencia a la baja hacia el sur de la zona de operación de la flota industrial.

Las más altas biomasas promedio se observan frente al puerto de Arica (251), exhibiendo Iquique y Mejillones valores promedio de 143 y 215 ml de zooplancton/1.000 m³, respectivamente. Con respecto al mes de marzo de 2015, Arica y Mejillones muestran decrementos de 5,3% y 34,5% respectivamente. Por su parte Iquique exhibe un incremento de 22,2% con respecto al mes precedente.

En relación a la composición específica de las muestras, estas estuvieron constituídas principalmente por copépodos, quetognatos, decápodos y sifonóforos. Frente al puerto de Iquique y como ha ocurrido en los meses anteriores, se verifica la presencia de pequeños langostinos.

En términos comparativos, las biomasas estimadas frente a las tres localidades estudiadas, muestran una baja en sus valores de producción secundaria. Es así, como Arica, Iquique y Punta Angamos, exhiben con respecto al mes de abril de 2015, un decremento de 23,1%, 73,9% y 81,7%, respectivamente.

En abril de 2016, los huevos de anchoveta se localizaron principalmente frente al puerto de Arica, constatándose ausencia de larvas de la especie, a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Punta Angamos (23°01´S), observándose en esta última localidad, la presencia de un registro positivo a este estadio de desarrollo.

Se verificó la presencia de 23.703 huevos y 118 larvas, señalando una situación característica de baja actividad reproductiva, identificándose 7 estaciones positivas para huevos y 1 para larvas, lo que representó una frecuencia de 46,7% y 6,7% y una dominancia numérica de 98,7% y 47,6% para cada estadio de desarrollo, respectivamente.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en abril de 2016, respecto a la reportada en marzo, muestra que la abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación distinta para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos, exhibe con respecto al mes anterior, un porcentaje de cambio positivo de 349%, mientras que las fases larvarias disminuyen su extensión geográfica en un 93%, siendo éstos, el décimo primero de los registros cuantitativamente más importante de la serie analizada, para el estadio de huevos y el más bajo para las fases larvarias, respectivamente.

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al mes de marzo de 2016, para el estadio de huevos un importante incremento de 734%.



INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos mediante la realización del monitoreo mensual de la condición del recurso Anchoveta con énfasis en la abundancia y distribución de huevos y larvas, realizado entre el 12 y el 15 de abril de 2016 frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

OBJETIVO GENERAL

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

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente al mes de abril de 2016, abarcó la zona marítima de la Décimo Quinta, Primera y Segunda regiones, comprendida entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°04'S), donde se establecieron para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, dos transectas perpendiculares a la costa equidistantes cada 2 mn con estaciones programadas a 1, 3 y 5 mn (Figuras 1, 2 y 3).

Plataforma de trabajo y programación de estaciones in situ

Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó como plataforma de trabajo las lanchas de servicio de Corpesca S.A. "Fardela" "Río Loa III" y "Tucán II" para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, respectivamente. En el **Cuadro 1**, se consigna el número total de transectas y estaciones realizadas, el rango latitudinal y las fechas de inicio y término de ésta actividad.

Cuadro 1Programación de estaciones *in situ* realizadas durante Abril de 2016.

Número de Transectas	N° Estaciones	Duración en días	Rango latitudinal	Fecha Inicio y Término		
6	15	4	18°25′ – 23°04′ LS	12 al 15 Abril 2016		



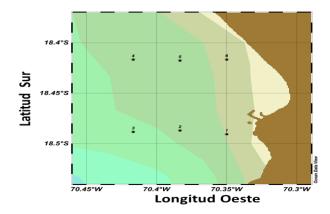


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Arica.

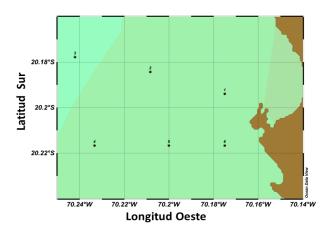


Figura 2. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Iquique.

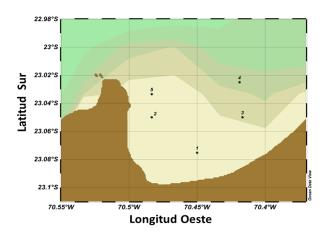


Figura 3. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Mejillones.



Recolección de muestras y registro de datos

En cada estación y para las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, (**Figuras 1, 2 y 3**) se realizaron registros verticales continuos de temperatura utilizando un CTD AML y mediante botellas oceanográficas Niskin de 1,2 L, se obtuvieron muestras de agua desde 0, 5, 10, 25 y 50 m de profundidad, las que fueron destinadas a la determinación del contenido de oxígeno disuelto y biomasa fitoplanctónica.

La concentración de oxígeno disuelto se determinó de acuerdo al método Winkler modificado por Carritt y Carpenter (1966) (Parsons et al., 1984), y la biomasa fitoplanctónica, expresada como la concentración de clorofila-a, se estimó siguiendo la metodología fluorométrica de Yentsch y Menzel (1963) descrita por Parsons et al. (1984).

Las muestras de zooplancton fueron obtenidas mediante la utilización de una red cilindrocónica modelo WP-2 (Sameoto *et al.*, 2000) modificada, la cual tiene una abertura de 40 cm (0,1257 $\rm m^2$ de área de boca) y un largo total de 161 cm, confeccionada con malla sintética monofilamento de 300 $\rm \mu m$ de abertura, complementando su boca con un medidor de flujo TSK calibrado el cual permitio cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

Las muestras se recolectaron mediante arrastres verticales desde profundidades medias de 31 m (mínima: 15 m; máxima 39 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 kilógramos. El ángulo del cable con respecto a la vertical, se controló mediante un clinómetro manual, inmediantamente antes del izado de la red, después de un período de estabilización de 1 minuto a máxima profundidad. En abril de 2016, el ángulo fluctuó entre 6 y 45° con una media igual a 24°.

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 1**).



Tabla N° 1 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas - Abril 2016 -Otoño

N°	FECHA			HORA		L	AT	LONG	i CAI	ADO		VIRAD		CA	BLE	TSK	FACTO	N° HUEVOS Anch	N° LARVAS Anch	BIOMASA
EST	AA	MM	DD	НН	MIN	GR	MIN	GR M	N N	1IN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	N° Rev.	ESTAN.	(No Estand.)	(No Estand.)	Zooplan.
										_		_							_	
1	2016	4	13	9	41	18	29	70 2	l	0	25	0	17	15	13	190	39,21	453	0	215
2	2016	4	13	11	32	18	29	70 2	3	0	57	1	2	40	23	320	58,18	20	0	229
3	2016	4	13	12	38	18	29	70 2	5	0	57	1	35	40	27	358	50,07	4	0	246
4	2016	4	13	14	25	18	24	70 2	5	0	46	1	25	40	32	511	33,64	9	0	183
5	2016	4	13	15	16	18	24	70 2	3	0	45	0	35	22	18	185	57,21	57	0	383
6	2016	4				18	24	70 2	1										0	
7	2016	4	12	12	2	20	11	70 1)	0	46	1	15	40	45	408	35,08	0	0	81
8	2016	4	12	13	3	20	11	70 1	2	0	46	1	17	40	35	380	43,57	3	0	140
9	2016	4	12	14	17	20	11	70 1	1	0	46	1	16	40	37	341	47,27	0	0	355
10	2016	4	12	15	33	20	13	70 1	1	0	47	1	44	40	27	390	45,96	0	0	97
11	2016	4	12	16	29	20	13	70 1	2	0	46	1	41	40	25	372	48,99	0	0	81
12	2016	4	12	18	3	20	13	70 1)	0	48	1	28	40	28	338	52,57	0	0	104
13	2016	4	15	9	46	23	4,5	70 2	7	0	17	0	20	15	6	180	42,17	0	0	127
14	2016	4	15	10	35	23	3	70 2	9	0	38	1	4	40	26	348	52,28	0	0	80
15	2016	4	15	11	15	23	3	70 3	1	0	38	1	9	40	16	342	56,82	0	0	207
16	2016	4	15	12	40	22	58	70 2	ŝ	0	39	0	59	40	12	356	55,69	0	0	178
17	2016	4	15	13	50	23	2	70 2	1	0	26	0	39	20	19	162	58,82	15	2	482

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 autolisis.

Separación e identificación de huevos 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 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); Chiechomski, (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, 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 m²)

d : Profundidad máxima del lance (m).
 w : Volumen de agua filtrado (m³).

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 (m³/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 (m²).

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.

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

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción de los estadíos 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

CONDICIÓN OCEANOGRÁFICA FRENTE A LA COSTA NORTE DE CHILE

1. Información Satelital

Durante el mes de abril se mantienen las condiciones asociadas a un evento "El Niño" con temperaturas levemente superiores a lo usual para esta época del año, asociadas a salinidades mayores de 35,0 ups.

Sin embargo, se observa que ya a fines de mes la situación es diferente, con una menor extensión de aguas cálidas en la zona costera y con extensas áreas de aguas de características sub-antárticas desde Iquique al sur, donde se observan ahora temperaturas < de 18°C, asociadas a salinidades de 34,8 ups. (Figuras 4 y 5).

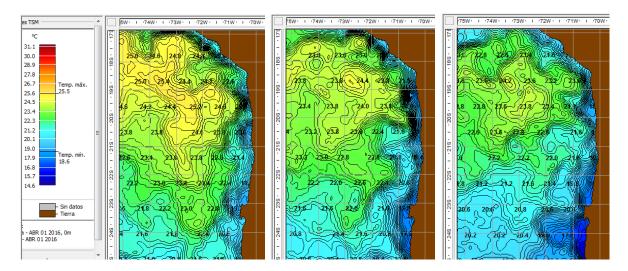


Figura 4. Temperatura Superficial del Mar (**TSM**) para los días 1, 14 y 28 de abril 2016. **Fuente**: Sistema de Información Satelital SeaStar de Geoeye (USA).



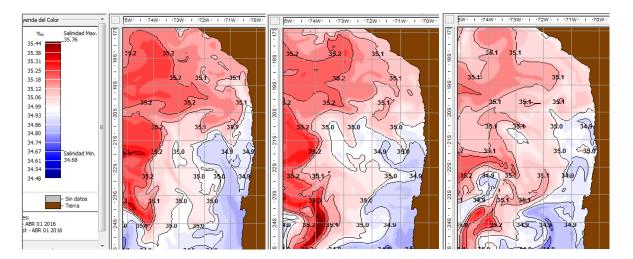


Figura 5. Salinidad Superficial del Mar (**SSM**) para los días 1, 14 y 28 de abril 2016. **Fuente**: Sistema de Información Satelital SeaStar de Geoeye (USA).

Respecto a la altura dinámica del mar (SSH) esta variable también muestra un cambio entre la primera y la última semana del mes, donde se observan ahora áreas con anomalías negativas que cubren una amplia extensión desde Tocopilla al sur y en especial en un foco frente a la Península de Punta Angamos (**Figura 6**).

Durante abril se observa una intensificación del área asociada a valores altos de clorofila a los que ahora se extienden bastante más afuera de la zona inmediata a la costa con valores que en la zona de Arica alcanzan a más de 8 ug CL-a/L (**Figura 7**).

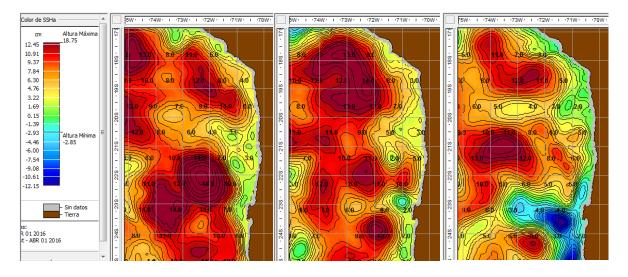


Figura 6. Altura Dinámica del Mar (**SSH**) para los días 1, 14 y 28 de abril 2016. **Fuente**: Sistema de Información Satelital SeaStar de Geoeye (USA).



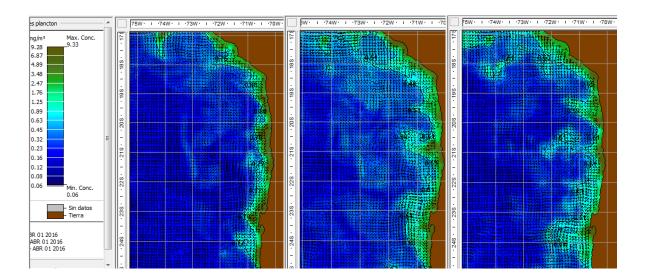


Figura 7. Clorofila a para los días 1, 14 y 28 de abril 2016. **Fuente**: Sistema de Información Satelital SeaStar de Geoeye (USA).

2. Condiciones oceanográficas físicas, distribución de la concentración de oxígeno disuelto y biomasa fitoplanctónica

2.1 Condiciones oceanográficas físicas

Arica

La temperatura fluctuó entre 19,349°C y 15,226°C con un promedio general para el puerto de Arica de 16,210°C ± 1,046 (**Tabla 2**). A nivel superficial se registró el máximo valor (19,345°C) a 3 mn en el sector sur del área, descendiendo levemente hacia las estaciones más alejadas de la costa. Con respecto a marzo de 2016, la temperatura superficial promedio frente a esta localidad, disminuyó en 3,6°C, registrándose durante marzo de 2016, la temperatura superficial promedio más alta de la serie julio 2015 – abril 2016 (**Figura 8**).

Iquique

La temperatura fluctuó entre 14,778°C y 18,501°C, con un promedio general para la zona de 16,626°C ± 1,015 (**Tabla 2**). La distribución superficial mostró un foco de 18,501°C a 5 mn en el sector norte, observándose hacia el sur una disminución de ellas hacia la costa. Las temperaturas superficiales promedio mas altas, se registraron en febrero de 2016, disminuyendo con respecto al mes de marzo en aproximadamente 1,2°C (**Figura 8**).



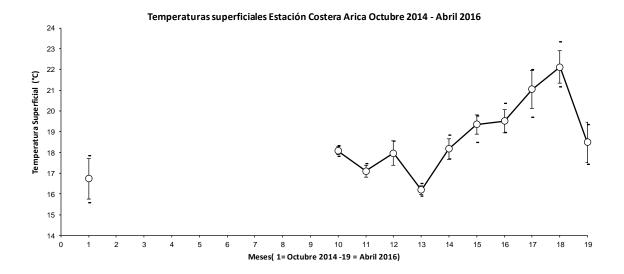
Mejillones

Frente a punta Angamos (23°01′S), la temperatura presentó valores comprendidos entre 14,607°C y 17,509°C, con un promedio general para la zona de 15,865°C $\pm 0,808$ (**Tabla 2**).

Tabla 2. Estadisticos básicos de la temperatura (°C) superficial **(A)** y de toda la columna de agua **(B)** frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante abril de 2016.

(A) 0 m	Arica	Iquique	Mejillones
Mínimo	17,422	17,448	17,049
Máximo	19,345	18,501	17,509
Promedio	18,488	18,034	17,237
Desvest	0,978	0,438	0,210
(B) Global	Arica	Iquique	Mejillones
Mínimo	15,226	14,778	14,607
Máximo	19,349	18,501	17,509
Promedio	16,210	16,626	15,865
Desvest	1,046	1,015	0,808





Temperaturas superficiales Estación Costera Iquique Octubre 2014 - Abril 2016

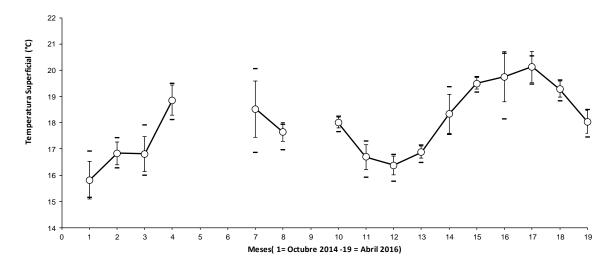


Figura 8. Temperatura superficial del mar (°C) para los puertos de Arica e Iquique. Octubre 2014 – Abril 2016.



2.2 Distribución de la concentración de oxígeno disuelto y biomasa fitoplanctónica

Arica

El oxígeno disuelto fluctuó entre 0,5 y 5,4 mL/L (**Tabla 3**). La mayor concentración (5,4 mL O_2/L) se localizó a nivel superficial, asociada al ingreso desde el sur y desde la región más alejada de la costa, de un agua con alto contenido de oxígeno, generándose un gradiente de disminución hacia la costa, donde se registró un valor mínimo superficial de 4,5 mL O_2/L (**Figura 9**). En la componente vertical, la sección del norte mostró, entre las 3 mn y 5 mn, valores superiores a 4,0 mL O_2/L restringidos al estrato entre los 0 m y 5 m de profundidad. Desde los 15 m las concentraciones descendieron de 3,0 mL O_2/L , registrándose a 50 m de profundidad el límite superior de la ZMO (1,0 mL O_2/L). En la sección del sur, la disposición de las isolíneas a 1 mn de la costa, sugirió el ascenso de aguas subsuperficiales, lo que dio lugar a una columna de agua poco oxigenada (<4,0 mL O_2/L), observándose el límite superior de la ZMO cerca de los 40 m de profundidad. Entre las 3 mn y las 5 mn, la capa oxigenada (> 4,0 mL O_2/L) se extendió hasta los 15 m de profundidad y la isolínea de 1,0 mL O_2/L se localizó cerca de los 50 m (**Figura 10**).

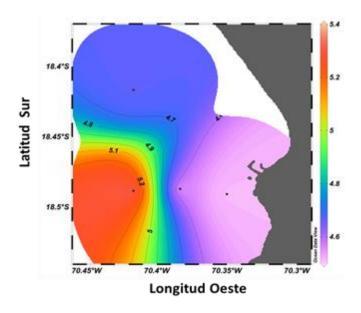


Figura 9. Distribución superficial de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica durante abril de 2016.



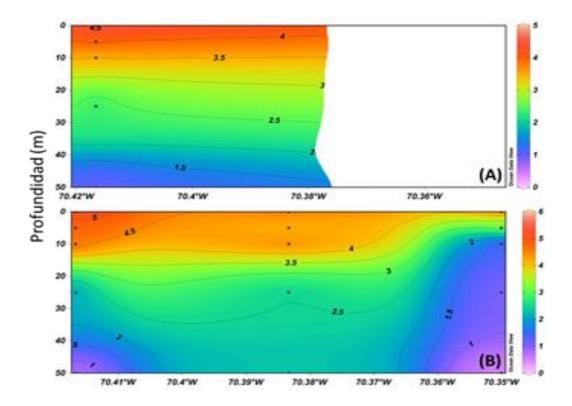


Figura 10. Secciones verticales de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica durante abril de 2016. A: transecta norte, B: transecta sur.

La biomasa fitoplanctónica presentó valores extremos de 0,3 y 19,9 μ g Cl-a/L, con un promedio para el área de 5,37 \pm 5,3 μ g Cl-a/L. La distribución superficial presentó un patrón inverso al oxígeno disuelto, registrándose una coincidencia entre la máxima biomasa (19,9 μ g Cl-a/L) y el núcleo costero (1 mn) de bajo contenido de oxígeno disuelto. Por el contrario, la mínima concentración en superficie (2,9 μ g Cl-a/L) se detectó a 5 mn en la misma transecta, asociada a la máxima de oxígeno (**Figura 11**). La distribución vertical en la sección del norte mostró, entre la superficie y los 10 m de profundidad, la presencia de altas biomasas (>10,0 μ g Cl-a/L), las cuales, en el norte se encontraron restringidas a los primeros 5 m y a 1 mn. Hacia las estaciones más alejadas de la costa y hacia los estratos más profundos, las concentraciones disminuyeron notoriamente, observándose el dominio de valores inferiores a 5,0 μ g Cl-a/L (**Figura 12**).



Tabla 3. Estadisticos básicos de la concentración de clorofila a (μg/L), feopigmentos (μg/L) y contenido de oxígeno disuelto (mL/L) de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante abril de 2016.

Global	Cloa (µg/L)	Feop (µg/L)	O ₂ (mL/L)
Mínimo	0,26	0,54	0,23
Máximo	23,50	16,18	5,59
Promedio	5,60	2,94	2,77
Desvest	5,13	2,33	1,68
Arica	Cloa (µg/L)	Feop (μg/L)	O ₂ (mL/L)
Mínimo	0,32	0,54	0,53
Máximo	19,86	5,76	5,36
Promedio	5,37	2,63	3,08
Desvest	5,33	1,54	1,64
Iquique	Cloa (µg/L)	Feop (μg/L)	O ₂ (mL/L)
Mínimo	0,26	0,59	0,23
Máximo	10,14	5,51	5,59
Promedio	4,35	2,11	2,96
Desvest	3,28	1,09	1,92
Mejillones	Cloa (µg/L)	Feop (μg/L)	O ₂ (mL/L)
Mínimo	0,37	1,27	0,50
Máximo	23,50	16,18	4,17
Promedio	7,61	4,44	2,24
Desvest	6,54	3,39	1,25



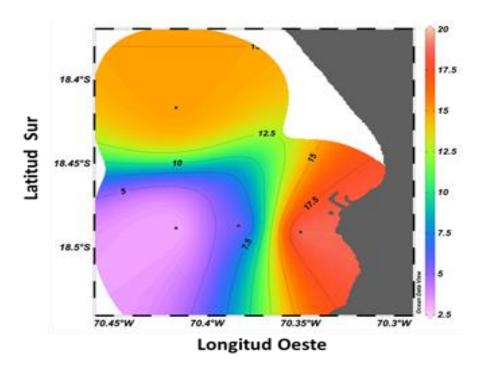


Figura 11. Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Arica durante abril de 2016.

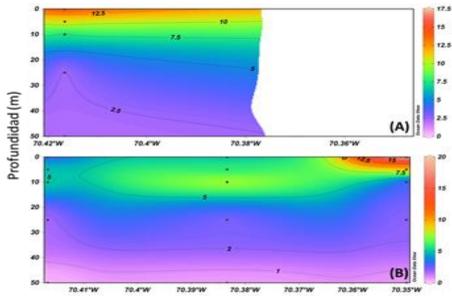


Figura 12. Secciones verticales de biomasa fitoplanctónica (μg Cl-a/L) en Arica durante abril de 2016. A: transecta norte, B: transecta sur.



Iquique

El oxígeno disuelto presentó valores extremos de 0,2 y 5,6 mL/L. La distribución superficial mostró el predominio de concentraciones superiores a 4,0 mL O_2 /L, detectándose los menores valores a 1 mn. Estos aumentaron costa afuera hasta alcanzar máximos superiores a 5,5 mL O_2 /L a 5 mn (**Figura 13**). En ambos sectores, las secciones verticales mostraron el ascenso de agua subsuperficial en la costa (1mn), generándose una columna de agua pobremente oxigenada (<4,0 mL O_2 /L) con el límite superior de la ZMO cerca de los 20 m de profundidad. Entre las 3 mn y 5 mn, valores superiores a 4,0 mL O_2 /L se registraron hasta los 15 m de profundidad, profundizándose la isolínea de 1,0 mL O_2 /L (**Figura 14**).

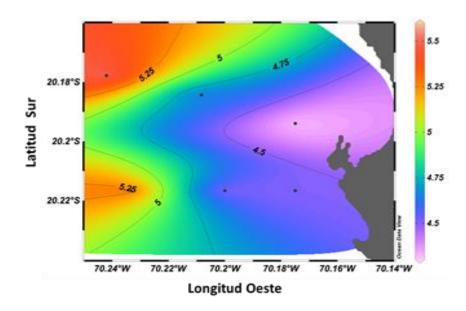


Figura 13. Distribución superficial de oxígeno disuelto (mL/L) en Iquique durante abril de 2016.



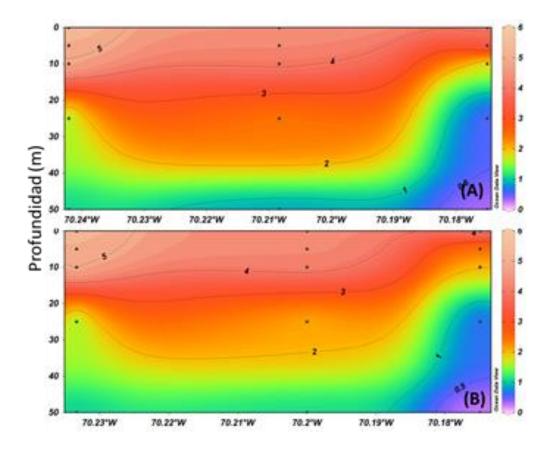


Figura 14. Secciones verticales de oxígeno disuelto (mL/L) en Iquique durante abril de 2016. A: transecta norte, B: transecta sur.

La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,3 y 10,1 μ g Cl-a/L, con un promedio para el área de 4,35 \pm 3,3 μ g Cl-a/L. La distribución superficial mostró las mayores biomasas (> 6,5 μ g Cl-a/L) en la costa (1 mn), asociadas al agua de baja concentración de oxígeno, las que disminuyeron costa afuera a valores inferiores a 5,0 mL O_2 /L (**Figura 15**). En la componente vertical, la sección del norte presentó dos núcleos subsuperficiales de alta biomasa, uno localizado a 1 mn a 5 m de profundidad, que correspondió al máximo registrado (10,1 μ g Cl-a/L), y otro a 3 mn y a 10 m de profundidad que alcanzó 9,6 μ g Cl-a/L. Desde los 15 m de profundidad los valores descendieron de 5,0 μ g Cl-a/L. En el norte, también se observó una máxima subsuperficial de 9,0 μ g Cl-a/L, que se localizó a 5 m restringida a 1 mn. Hacia las estaciones más alejadas de la costa y hacia los estratos más profundos las biomasas disminuyeron predominando concentraciones inferiores a 6,0 μ g Cl-a/L (**Figura 16**).



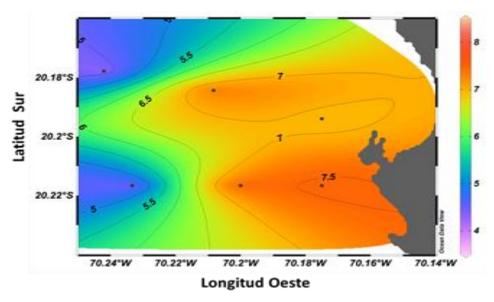


Figura 15. Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (μg Cl-a/L) en Iquique durante abril de 2016.

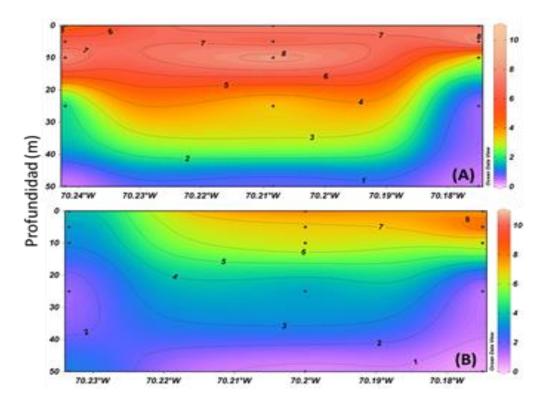


Figura 16. Secciones verticales de biomasa fitoplanctónica (μ g Cl-a/L) en Iquique durante abril de 2016. A: transecta norte, B: transecta sur.



Mejillones

El oxígeno disuelto fluctuó entre un mínimo de 0,5 y 4,2 mL/L. La distribución superficial mostró un incremento de los valores hacia el sur, desde un mínimo de 3,3 mL O_2/L , localizado a 3 mn, al máximo de 4,2 mL O_2/L detectado a 5 mn, donde se registró la intrusión de un agua con mayor contenido de oxígeno (**Figura 17-panel superior**). A 5 m de profundidad el mínimo alcanzó 2,1 mL O_2/L , y aunque el núcleo se mantuvo a 3 mn, los bajos valores se extendieron hacia el sur, quedando en la costa aguas con niveles de oxígeno superiores a 3,0 mL O_2/L (**Figura 17-panel central**). La distribución a 10 m mostró la misma tendencia, con un mínimo de 0,8 mL O_2/L y un dominio de valores levemente superiores a 2,0 mL O_2/L (**Figura 17-panel inferior**). Entre los 25 m y 50 m de profundidad predominaron valores inferiores a 1,0 mL O_2/L (Tabla 1), indicando la presencia del límite superior de la ZMO entre 1 mn y 3 mn de la costa.

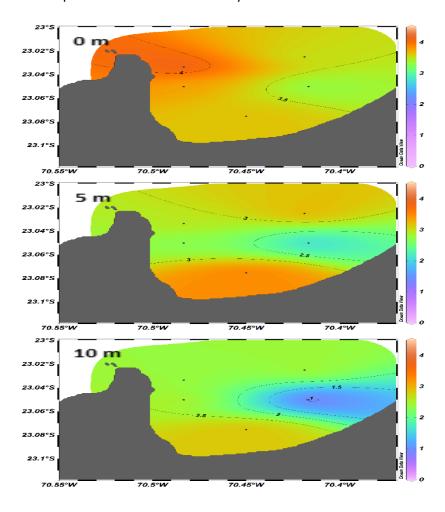


Figura 17. Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 0 m (panel superior), 5 m (panel central) y 10 m de profundidad (panel inferior) en Mejillones durante abril de 2016.



La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,1 y 23,5 μ g Cl-a/L, con un promedio para el área de 7,3 \pm 6,6 μ g Cl-a/L. La distribución superficial mostró altos valores (>10 μ g Cl-a/L) a nivel costero (1 mn) y en el sector sur a 5 mn de la costa (**Figura 18-panel superior**). A 5 m de profundidad se registró la máxima biomasa (23,5 μ g Cl-a/L) coincidente con el núcleo superficial ubicado en el sur a 5 mn. Hacia el norte y hacia la costa, las biomasas disminuyeron, registrándose un mínimo de 2,1 μ g Cl-a/L asociado al mínimo de oxígeno observado en esa profundidad (**Figura 18-panel central**). A 10 m si bien el máximo descendió (15,3 μ g Cl-a/L), el patrón de distribución fue el mismo (**Figura 18-panel inferior**). A 25 m y 50 m de profundidad predominaron biomasas inferiores a 1,0 μ g Cl-a/L, aunque se detectó un valor de 10,5 μ g Cl-a/L a 5 mn de la costa en el sector norte (**Tabla 4**).

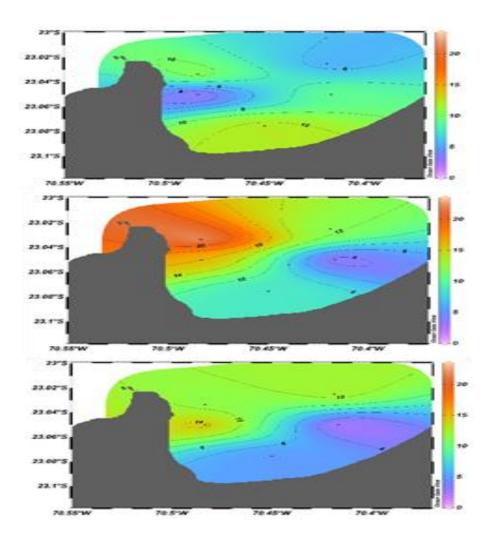


Figura 18. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) a 0 m (panel superior), 5 m (panel central) y 10 m de profundidad (panel inferior) en Mejillones durante abril de 2016.



Comentarios

Los valores de oxígeno disuelto detectados, especialmente en la franja costera (1mn), sugieren la influencia de aguas del tipo Ecuatorial Subsuperficial (AESS) asociadas a procesos de surgencia costera. Al respecto, los valores del Transporte de Ekman (TEk) indicaron procesos activos en las tres localidades, aunque menos intensos que los registrados durante marzo de 2016. Esto fue más evidente en Antofagasta, donde predominaron valores cercanos a 1.000 m³/s/km. En Arica e Iquique, la tendencia fue similar, pero máximas superiores a 2.000 m³/s/km se observaron con mayor frecuencia (Figura 19). La biomasa fitoplanctónica experimentó un notorio descenso. Consirando como biomasas altas aquellas superiores a 10,0 µg Cl-a/L, el sistema, en general presentó una condición pobre, especialmente Arica e Iquique, donde los valores escasamente superaron los 5,0 µg Cl-a/L. Dada la estacionalidad imperante, la condición del sistema está dentro de un cuadro normal.



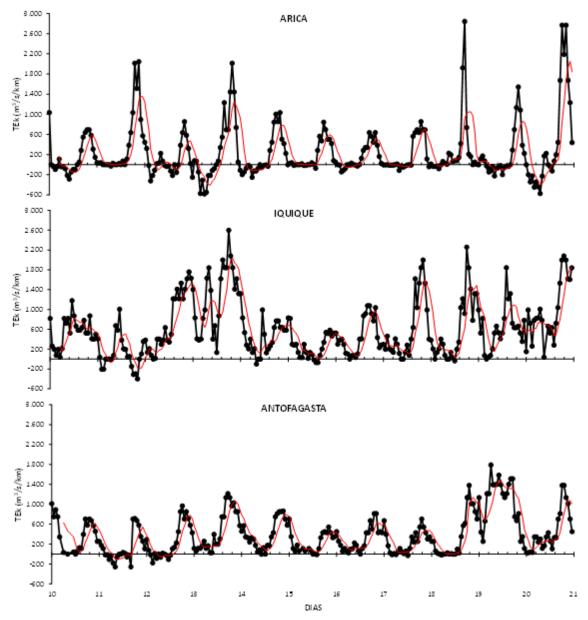


Figura 19. Valores horarios del Transporte de Ekman (m³/s/km) en Arica, Iquique y Antofagasta, entre los días 10 y 20 de abril de 2016 (información de vientos proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile).



Tabla 4. Valores de clorofila-*a* (μg/L), feopigmentos (μg/L) y contenido de oxígeno (mL/L) por transecta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante abril de 2016.

	ARICA							IQUIQUE	:					MEJILLONES			
N° Transecta	N° Estación	Z(m)	Cloa (µg/L)	Feop (μg/L)	O ₂ (mL/L)	N° Transecta	N° Estación	Z(m)	Cloa (µg/L)	Feop (µg/L)	O ₂ (mL/L)	N° Transecta	N° Estación	Z(m)	Cloa (µg/L)	Feop (µg/L)	O ₂ (mL/L)
Tr Sur 1mn	1	0	19,86	5,76	4,51	Tr Norte 1mn	1	0	6,92	2,71	4,30	Tr Sur 1mn	1	0	12,58	5,76	3,64
		5	10,10	2,35	3,51			5	10,14	3,03	3,86			5			3,55
		10	0,87	1,24	0,87			10	1,31	1,12	1,35			10	4,91	2,74	2,92
		25	2,03	1,98	1,06			25	0,26	0,74	0,35			25			
Tr Sur 3mn	2	50	0,69	3,10	0,53			50	0,35	0,63	0,32	Tr Sur 3mn	2	0	1,76	1,50	3,75
		0	4,83	2,81	4,52	Tr Norte 3mn	2	0	7,68	2,63	4,58			5	16,46	6,77	2,65
		5	5,47	3,01	4,15			5	5,89	2,28	4,38			10	15,29	6,06	2,56
		10	8,68	4,98	4,62			10	9,62	2,82	4,17			25	2,70	2,31	0,71
		25	1,69	1,49	2,28			25	2,82	1,80	2,30			50	0,62	1,56	0,70
Tr Sur 5mn	3	50	0,65	0,59	2,34			50	0,77	0,88	0,85	Tr Sur 5mn	3	0	9,34	5,02	3,29
		0	2,94	1,57	5,36	Tr Norte 5mn	3	0	3,98	1,81	5,59			5	2,09	1,87	2,06
		5	4,91	2,53	4,80			5	6,26	2,78	5,36			10	1,56	1,47	0,79
		10	5,53	2,51	4,83			10	8,82	3,31	5,19			25	0,37	1,27	0,52
		25	1,38	1,52	1,87			25	1,06	1,39	1,21			50	0,82	2,22	0,50
Tr Norte 5mn	4	50	0,32	0,54	0,79			50	0,33	0,66	1,06	Tr Norte 5mn	4	0	5,29	3,37	3,52
		0	15,02	4,98	4,67	Tr Sur 5mn	4	0	3,81	1,66	5,46			5	12,13	6,19	3,27
		5	11,82	4,90	4,19			5	3,39	2,04	5,35			10	12,70	6,06	2,47
		10	6,66	3,73	3,41			10	3,08	2,08	5,34			25	10,55	6,30	1,05
		25	1,69	1,32	2,23			25	1,30	1,32	1,18			50	0,62	1,94	0,64
		50	2,18	1,60	1,00			50	2,90	5,51	1,04	Tr Norte 3mn	5	0	11,60	3,98	4,17
						Tr Sur 3mn	5	0	8,09	2,61	4,38			5	23,50	16,18	2,97
								5	6,94	2,68	4,44			10	11,53	7,39	2,42
								10	6,86	3,08	4,38			25	3,47	3,24	1,18
								25	3,18	1,73	1,89						
								50	0,77	0,59	1,10						
						Tr Sur 1mn	6	0	7,56	2,72	4,51						
								5	9,03	3,47	2,36						
								10	6,48	2,80	1,95						
								25	0,47	1,06	0,42						
								50	0,43	1,21	0,23						



3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

Durante abril de 2016, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, se determinó la presencia de 24.028 huevos y 248 larvas, de los cuales 23.703 huevos (98,6%) y 205 larvas (82,7%) 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 5**, detectándose en esta oportunidad frente a Iquique larvas de **Vinciguerria**.

3.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

Se verificó la presencia de 23.703 huevos y 118 larvas, señalando una situación característica de baja actividad reproductiva. De acuerdo a lo señalado por el estadio de huevos, estos se localizaron principalmente frente al puerto de Arica. Por otra parte, se constata ausencia de larvas de la especie, a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Punta Angamos (23°01´S), observándose en esta última localidad, la presencia de este estadio de desarrollo, solo en en la estación costera de la transecta norte.

Para esta especie se identificaron 7 estaciones positivas para huevos y 1 para larvas, lo que representó una frecuencia de 46,7% y 6,7% y una dominancia numérica de 98,7% y 47,6% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 5**).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 131 y 17.762 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 3386 (DS = 6431,02) cifra 734% mayor respecto a la obtenida en marzo de 2016 (**Tabla 5 y 7**).

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que sus abundancias presentaron una clara tendencia incremental hacia el norte de la zona de operación de la flota industrial, concentrándose frente al puerto de Arica, en la línea de estaciones de 1 mn (79%), registrándose solo una estación positiva para huevos en Iquique y Punta Angamos, respectivamente (**Figura 20**).



Tabla 5. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones - Abril 2016.

Estadisticos Huevos	Anchoveta	Vinciguerria	Otros Huevos	Total Huevo
N°Total Estaciones	16	16	16	16
N° Estaciones positivas	7		2	7
% Est (+)	43,75		12,50	43,75
Abundancia (H/10m^2)	23.703		325	24.028
Densidad Mínima Est (+)	131		157	131
Densidad Máxima Est (+)	17.762		168	17.919
Std.Dev Est (+)	6431,02		8,03	6476,34
Media Est. Positivas	3386		163	3433
Media Est. Totales	1481		20	1502
Constancia	43,75		12,50	43,75
Dominancia numérica	98,65		1,35	100,00
CV(%)	1,90		0,05	1,89
Estadisticos Larvas	Anchoveta	Vinciguerria	Otros Larvas	Total Larvas
N°Total Estaciones	16	16	16	16
N° Estaciones positivas	10	10	10	2
% Est (+)	6,25	6,25	6,25	12,50
Abundancia (L/10m^2)	118	87	44	248
Densidad Mínima Est (+)	110	07	77	118
, ,				131
Densidad Máxima Est (+)				131
Densidad Máxima Est (+) Std.Dev Est (+)				_
Std.Dev Est (+)				42,81 124
• •		6	3	42,81
Std.Dev Est (+) Media Est. Positivas	6.25	-	_	42,81 124 16
Std.Dev Est (+) Media Est. Positivas Media Est. Totales	6,25 47,58	6 6,25 35,08	3 6,25 17,74	42,81 124



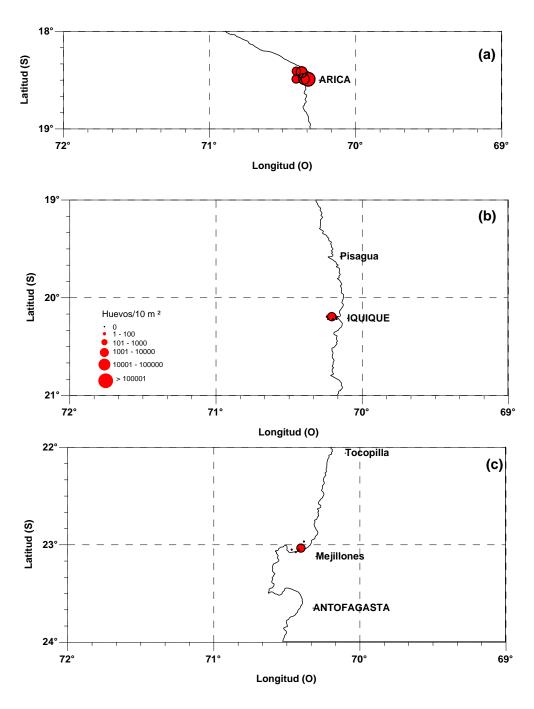


Figura 20. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Abril 2016.



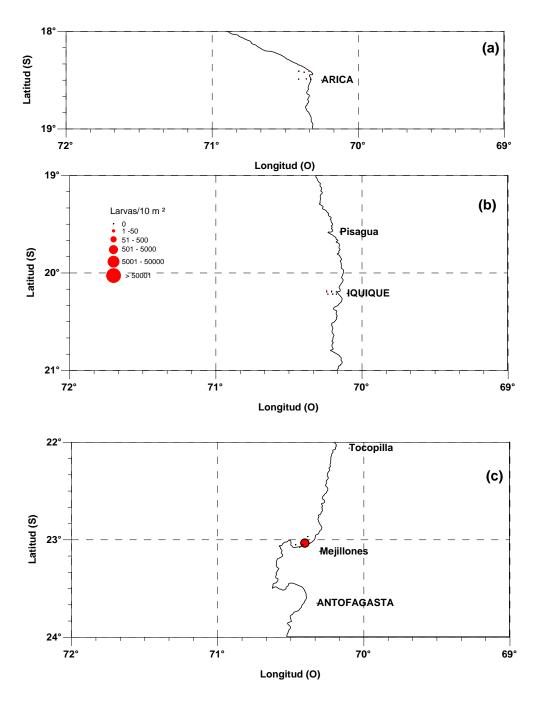


Figura 21. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Abril 2016.



Las áreas de mayor abundancia (> 1.100 huevos/10m²) se localizaron a 1 y 3 mn frente a las transectas sur y norte realizadas frente al puerto de Arica, encontrándose configuradas por 3 registros positivos de un total de 16 (18,8%), los que en conjunto aportan un 93,6% al total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las áreas anteriormente mencionadas, exhiben abundancias comprendidas dentro del rango 131 a 882 huevos/10m². En este contexto, la estacion positiva mas relevante en terminos de su abundancia para la zona de estudio, se localizó a 1 mn de la transecta sur realizada frente al puerto de Arica, con 17.762 huevos/10m² (74,9%).

Con respecto al número de huevos y para la zona de estudio, "abril de 2016" presentó con respecto al mes precedente un porcentaje de cambio de 349%, constituyéndose en el décimo quinto registro más importante, en cuanto al número de huevos cuantificados de los últimos 19 meses (serie **CIAM** octubre 2014 – abril 2016)(**Tabla 7**).

Las fases larvarias, solo se presentaron a 1mn de la transecta norte realizada frente a Punta Angamos, con un registro positivo de 118 larvas/10m², cifra 92,5% menor respecto a la obtenida en marzo de 2016 (**Tabla 5 y 7**; **Figura 21**).

En relación al número de larvas y para la zona Arica - Mejillones, abril de 2016, se constituye en el registro más bajo, en cuanto al número de larvas cuantificadas de la serie octubre 2014 - abril 2016 (**Tabla 7**).



Tabla 6. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la distancia de la costa para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones en Abril de 2016.

Huevos de An	choveta(N°/10)m²)		Larvas d	e Anchoveta (N°/10)m²)
DC (mn)	1	3	5	1	3	5
Arica						
18°29′S	17.762	1.164	200			
18°24′S		3.261	303			
SubTotal	17.762	4.425	503			
%	78,3%	19,5%	2,2%			
TOTAL		22.690 Huevos			Larvas	
Iquique						
20°11′S		131				
20°13′S						
SubTotal		131				
%						
TOTAL		131 Huevos			Larvas	
Mejillones						
23°03′S						
22°58′S	882			118		
SubTotal	882			118		
%						
TOTAL		882 Huevos			118 Larvas	



Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Engraulis ringens*, para la zona norte de Chile. Serie Octubre 2014 - Abril 2016.

Huevos	Estac. Tot	Estac. (+)	Huevos Anch.	Abundancia	Abundancia	Densidad (t)	Densidad (+)	Desviación	Constancia o	Dominancia	CV
	N°	N°	N°	Mínimo	Máximo	H/10m ²	H/10m ²	Estandar	Frecuencia (%)	Numérica (%)	(%)
Octubre 2014	17	17	866309	788	423574	50959	50959	110635,10	100	98,98	2,17
Noviembre	16	16	30920	148	11508	1933	1933	3088,93	100	94,72	1,60
Diciembre	17	17	182314	79	53507	10724	10724	14774,01	100	99,23	1,38
Enero 2015	17	17	13887	152	3173	817	817	913,73	100	87,18	1,12
Febrero	17	15	8213	99	1775	483	548	459.44	88,24	80,01	0,84
Marzo	17	17	22332	48	6331	1314	1314	1578,43	100,00	93,54	1,20
Abril	19	1	48			3	48	27,41	5,26	2,33	0,57
Mayo	17	10	1965	39	455	116	197	134,01	58,82	12,99	0,68
Junio	17	16	32326	55	13967	1902	2020	3937,25	94,12	94,75	1,95
Julio	17	17	40959	298	13867	2409	2409	3327,09	100,00	65,41	1,38
Agosto	17	17	66091	125	33955	3888	3888	8665,77	100,00	87,42	2,23
Septiembre	17	17	228020	293	91904	13413	13413	22760,59	100,00	93,71	1,70
Octubre	17	17	132650	237	49377	7803	7803	13006,78	100,00	98,39	1,67
Noviembre	17	17	57337	227	19641	3373	3373	5054,93	100,00	92,26	1,50
Diciembre	17	15	15123	65	5511	890	1008	1698,01	88,24	86,93	1,68
Enero 2016	12	12	29927	175	13323	2494	2494	3671,29	100,00	96,23	1,47
Febrero	17	17	103623	449	29792	6095	6095	8906,09	100,00	98,51	1,46
Marzo	16	13	5275	54	1351	330	406	445,42	81,25	62,62	1,10
Abril	16	7	23703	131	17762	1481	3386	6431,02	43,75	98,65	1,90

Larvas	Estac. Tot	Estac. (+)	Larvas Anch.	Abundancia	Abundancia	Densidad (t)	Densidad (+)	Desviación	Constancia o	Dominancia	CV
	N°	N°	N°	Mínimo	Máximo	L/10m ²	L/10m ²	Estandar	Frecuencia (%)	Numérica (%)	(%)
Octubre 2014	17	14	24841	59	9030	1461	1774	2969,01	82,35	97,82	1,67
Noviembre	16	3	605	67	470	38	202	195,78	18,75	91,25	0,97
Diciembre	17	8	2458	40	765	145	307	248,71	47,06	87,29	0,81
Enero 2015	17	9	1067	51	266	63	119	83,17	52,94	67,49	0,70
Febrero	17	9	3210	54	1155	189	357	350,95	52,94	94,97	0,98
Marzo	17	16	3404	47	795	200	213	188,99	94,12	95,43	0,89
Abril	19	15	1739	48	232	92	116	68,47	78,95	53,07	0,59
Mayo	17	11	2776	77	639	163	252	180,35	64,71	83,59	0,71
Junio	17	14	2937	30	439	173	210	149,30	82,35	86,89	0,71
Julio	17	17	5816	46	1192	342	342	296,20	100,00	78,71	0,87
Agosto	17	10	2013	41	696	118	201	206,20	58,82	97,20	1,02
Septiembre	17	13	14431	55	3649	849	1110	1194,14	76,47	97,39	1,08
Octubre	17	9	1413	44	447	83	157	164,62	52,94	100,00	1,05
Noviembre	17	2	668	225	443	39	334	154,46	11,76	100,00	0,46
Diciembre	17	9	2864	63	1062	168	318	414,90	52,94	90,86	1,30
Enero 2016	12	7	1011	36	336	84	144	129,30	58,33	90,03	0,90
Febrero	17	12	3163	29	693	186	264	209,53	70,59	91,84	0,79
Marzo	16	7	1583	51	421	99	226	138,80	43,75	87,85	0,61
Abril	16	1	118			7	118	,	6,25	47,58	
Abril	16	1	118			7	118		6,25	47,58	



3.2 Análisis estacional de huevos y larvas de peces y estimación del índice de abundancia larval

El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales, ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton, la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación observada a partir de 1985 señala que nuevamente estábamos frente a un proceso de cambio, con una predominancia de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, exhibiendo abundancias muy significativas que han sido registradas durante el otoño de los años 1996, 2002 y 2003 para el estadio de huevos y 1999, 2001 y 2002 para las fases larvarias. De la misma manera, las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales, como lo ha sido la presencia del evento "El Niño" en la zona de estudio durante los años 1982-1983 y 1987 y durante los otoños de los años 1988, 1990 y 2000.

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 198-2010, para la estación de otoño, indican que desde el año 1990 persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies, situación que se ha mantenido sin alteraciones hasta esta fecha (**Figuras 22 y 23**).



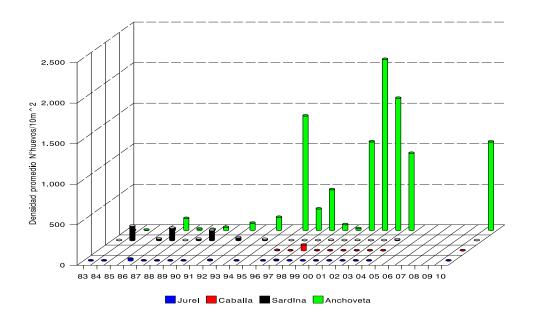


Figura 22. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Arica - Antofagasta en otoño de los años 1983-2010.

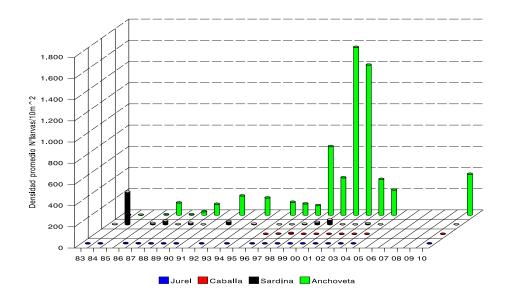


Figura 23. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Arica - Antofagasta en otoño de los años 1983-2010.



El análisis de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, señala que durante el otoño de 2015, la fase de huevos experimenta con respecto al otoño de 2013, una disminución de 30% en la extensión de las áreas de desove; exhibiendo los estadios larvales un leve incremento de 11,2%.

El seguimiento del parámetro poblacional, densidad promedio por estaciones positivas, utilizado como un índice de la intensidad del desove para la estación de otoño de los años 1983-2015, muestra con respecto al verano de 2013, un importante incremento exhibiendo las respectivas fases de desarrollo porcentajes de cambio iguales a 63,4% y 122%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie histórica 1983-2015, nos confirma el carácter costero que adopta esta especie en la estación otoñal, siendo este de menor intensidad con respecto al desove de verano e invierno, con presencia de huevos hasta las 70 mn frente a punta Angamos, punta Lobos y Punta Copaca, en el otoño de 1986 y 1996 (Figura 24). Las mayores frecuencias de estaciones positivas (≥15) a esta fase de desarrollo han sido registradas durante los años 1986, 2010 y 2011 destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno.

Por su parte las fases larvarias muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del descrito para el estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan, dispersión, transporte, advección, entre otros. En otoño de los años 1990, 2010 y 2011 se consignaron las mayores frecuencias de registros positivos (>30). Para este estadio de desarrollo, las áreas de desove muestran a través del tiempo la misma tendencia observada para los huevos, en el sentido de distribuirse particularmente frente a Arica, entre punta Lobos y punta Copaca y bahía Moreno (Figura 25).



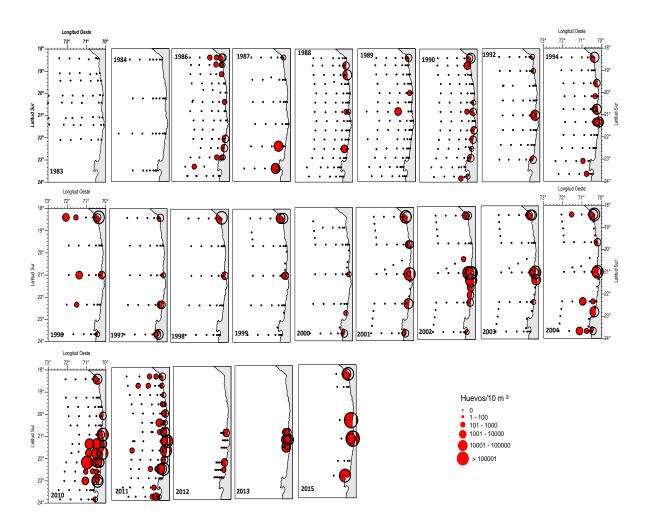


Figura 24. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta en otoño de los años 1983-2015.



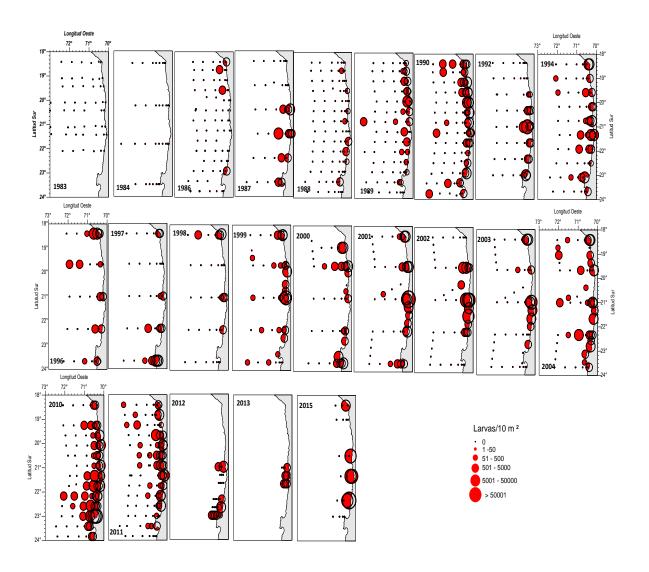


Figura 25. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta en otoño de los años 1983-2015.

Intensidad de desove

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del seguimiento del parametro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, revela que para el período invierno de 1995 – verano de 2016, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general ascendente, con trece picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10m²), los que se han registrado en la estación de primavera de los años 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002, verano e invierno de 2003, invierno 2004, primaveras de 2006 y



2008 e invierno de 2014 y 2015. De la misma manera se han detectado drásticas disminuciones en la intensidad del desove durante los períodos de verano-otoño de 1997, 1999, 2000 y verano de 2001. Con relación a las fases larvarias, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadio de huevos, con abundancias superiores a 4.100 larvas/10m², las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano e invierno de 2003 (**Figuras 26 y 27**).

(A) Huevos Anchoveta

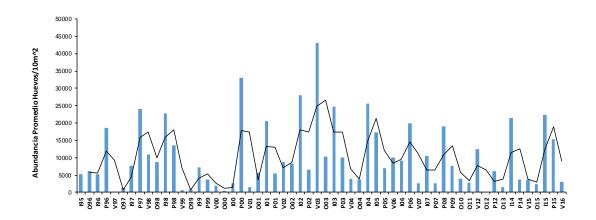


Figura 26. Variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta "Fase Huevos" para la zona Arica - Antofagasta en el período invierno 1995 - verano 2016.



(B) Larvas Anchoveta

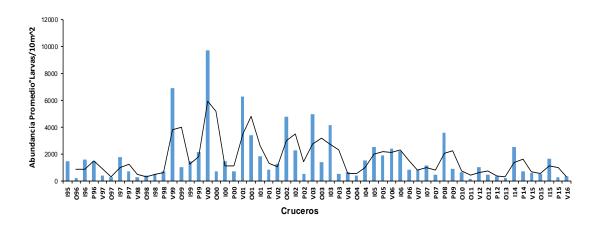


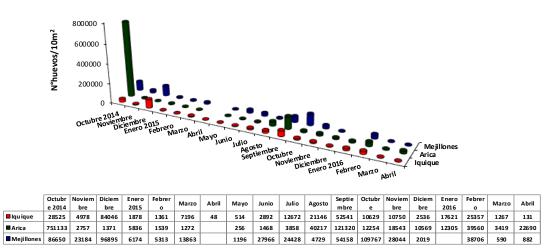
Figura 27. Variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta "Fase Larvas" para la zona Arica - Antofagasta en el período invierno 1995 - verano 2016.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en abril de 2016, respecto a la reportada en marzo, muestra que la abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación distinta para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos, exhibe con respecto al mes anterior, un porcentaje de cambio positivo de 349%, mientras que las fases larvarias disminuyen su extensión geográfica en un 93%, siendo éstos, el décimo primero de los registros cuantitativamente más importante de la serie analizada, para el estadio de huevos y el más bajo para las fases larvarias, respectivamente (**Tabla 7; Figura 28**).

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al mes de marzo de 2016, para el estadio de huevos un importante incremento de 734%

La estimación de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para el período octubre 2014 - enero 2016, se presenta en la **Tabla 8**. En ella se aprecia que durante los dos últimos meses de 2015 e inicios de 2016, los coeficientes de variación más bajos han sido los estimados mediante la distribución Log-normal o distribución delta en el caso de los huevos, alternándose para las fases larvarias, siendo muy cercanos en lo transcurrido de 2016.





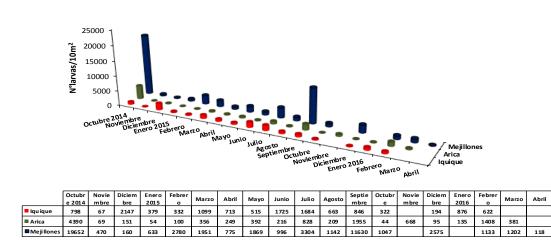


Figura 28. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre 2014 - Abril 2016.



Tabla 8. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona norte de Chile.

Huevos	Media Est. Totales	V (media Est. Totales)	CV (%)	Media D. Delta	V (media D. Delta)	CV (%
Octubre 2014	50.959	796057984,668	55,0	491,383	57561,395	48,8
Noviembre	1.932	655713,171	42,0	1692,536	424328,061	38,4
Diciembre	10.724	13897496,565	35,0	18093,115	132735215,3	63,6
Enero 2015	817	52156,516	28,0	771,116	40262,2457	26,0
Febrero	483	12957,278	24,0	482,778	13688,308	24,2
Marzo	1.314	156887,095	30,0	1564,923	452680,649	42,9
Abril	3					
Mayo	116	1126,182	29,0	117,784	1343,601	31,1
Junio	1.902	869009,887	49,0	1618,959	673032,622	50,6
Julio	2.409	651147,616	33,0	2205,584	349438,212	26,8
Agosto	3.888	4417383,087	54,0	2991,107	1672340,097	43,2
Septiembre	13.413	30473192,005	41,0	15197,759	54852645,2	48,7
Octubre	7.083	9951550,911	40,0	7894,306	12533325,4	44,8
Noviembre	3.373	1503078,343	36,0	3123,208	1192201,58	34,9
Diciembre	890	154996,677	44,0	770,54	114209,26	43,8
Enero 2016	2.494	1123194,909	42,0	2432,58	1007367,06	41,2
Febrero	6.095	4665791,992	35,0	5609,17	3398197,80	32,8
Marzo	330	11592,182	33,0	323,78	12561,25	34,6
Abril	1481	1222060,641	75,0	1201,086	632613,451	66,2
Larvas	Media Est. Totales	V (media Est. Totales)	CV (%)	Media D. Delta	V (media D. Delta)	CV (%)
		497787.622 48.0 1312.032				
Octubre 2014	1.461	497787,622	48,0	1312,032	448794,44	51,3
Octubre 2014 Noviembre	1.461	497787,622 861,558	48,0 78,0	1312,032 35,426	448794,44 644,14	
						71,
Noviembre	38	861,558	78,0	35,426	644,14	71, 42,
Noviembre Diciembre	38 145	861,558 3059,316	78,0 38,0	35,426 150,729	644,14 4107,345	71,0 42,5 32,0
Noviembre Diciembre Enero 2015	38 145 63	861,558 3059,316 408,348	78,0 38,0 32,0	35,426 150,729 62,239	644,14 4107,345 397,1185	71, 42, 32, 41,
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero	38 145 63 189	861,558 3059,316 408,348 5890,547	78,0 38,0 32,0 41,0	35,426 150,729 62,239 187,033	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886	71,0 42,5 32,0 41,8 23,5
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo	38 145 63 189 200	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514	71,0 42,5 32,0 41,8 23,3 19,4
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril	38 145 63 189 200 92	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622	71,0 42,1 32,0 41,6 23,3 19,4
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo	38 145 63 189 200 92 163	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196	71,42,132,041,341,341,341,341,341,341,341,341,341,3
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio	38 145 63 189 200 92 163 173	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576	71,6 42,! 32,6 41,8 23,5 19,4 26,7 28,2
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio	38 145 63 189 200 92 163 173 342	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0 21,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550	71,6 42,5 32,6 41,8 23,3 19,4 26,7 28,2 22,4
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0 21,0 38,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397	71,6 42,5 32,6 41,8 23,3 19,4 26,7 28,2 22,4 36,8 44,7
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118 849	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336 76768,719	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0 21,0 38,0 33,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531 975,238	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397 190250,723	71,6 42,5 32,0 41,8 23,5 19,4 26,7 28,2 36,8 44,7 38,3
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre Octubre	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118 849 83	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336 76768,719 1180,640	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0 21,0 38,0 33,0 41,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531 975,238 78,377	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397 190250,723 904,322	71,6 42,5 32,0 41,8 23,5 19,4 26, 22,4 36,8 44, 38,5 72,4
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre Octubre Noviembre	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118 849 83 39	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336 76768,719 1180,640 811,563	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 21,0 38,0 33,0 41,0 72,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531 975,238 78,377 39,29	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397 190250,723 904,322 811,562	71,6 42,5 32,0 41,8 23,5 19,4 26,7 28,1 36,8 44,7 72,4 44,8
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre Octubre Noviembre Diciembre	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118 849 83 39 168	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336 76768,719 1180,640 811,563 6639,704	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 22,0 21,0 38,0 33,0 41,0 72,0 48,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531 975,238 78,377 39,29 151,10	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397 190250,723 904,322 811,562 4585,136	71,6 42,5 32,0 41,8 23,5 19,4 26,7 28,2 22,4 36,8 44,7 38,5 72,4 44,8
Noviembre Diciembre Enero 2015 Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Septiembre Octubre Noviembre Diciembre Enero 2016	38 145 63 189 200 92 163 173 342 118 849 83 39 168	861,558 3059,316 408,348 5890,547 2196,199 300,957 2038,72 1465,137 5160,930 2020,336 76768,719 1180,640 811,563 6639,704 1221,273	78,0 38,0 32,0 41,0 23,0 19,0 28,0 21,0 38,0 33,0 41,0 72,0 48,0 41,0	35,426 150,729 62,239 187,033 199,395 91,506 161,588 181,942 346,915 115,531 975,238 78,377 39,29 151,10 83,38	644,14 4107,345 397,1185 6114,9886 2159,514 314,622 1873,196 2614,576 6051,550 1813,397 190250,723 904,322 811,562 4585,136 1289,37	51,1 71,6 42,5 32,0 41,8 23,3 19,4 26,7 28,1 22,4 36,8 44,7 72,4 44,8 33,6 34,8 39,6



Tabla 9. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones serie CIAM Octubre 2014 – Abril 2016.

Huevos (N°/10m²)	Arica	Iquique	Mejillones
Octubre 2014	751.133	28.525	86.650
Noviembre	2.757	4.978	23.184
Diciembre	1.371	84.046	96.895
Enero 2015	5.836	1.878	6.174
Febrero	1.539	1.361	5.313
Marzo	1.272	7.196	13.863
Abril	-	48	-
Mayo	256	514	1.196
Junio	1.468	2.892	27.966
Julio	3.858	12.672	24.428
Agosto	40.217	21.146	4.729
Septiembre	121.320	52.541	54.158
Octubre	12.254	10.629	109.767
Noviembre	18.543	10.750	28.044
Diciembre	10.569	2.536	2.019
Enero 2016	12.305	17.621	S/M
Febrero	39.560	25.357	38.706
Marzo	3.419	1.267	590
Abril	22.690	131	882

Larvas (N°/10m²)	Arica	Iquique	Mejillones
Octubre 2014	4.390	798	19.652
Noviembre	69	67	470
Diciembre	151	2.147	160
Enero 2015	54	379	633
Febrero	100	332	2.780
Marzo	356	1.099	1.951
Abril	249	713	775
Mayo	392	515	1.869
Junio	216	1.725	996
Julio	828	1.684	3.304
Agosto	209	663	1.142
Septiembre	1.955	846	11.630
Octubre	44	322	1.047
Noviembre	668	-	-
Diciembre	95	194	2.575
Enero 2016	135	876	S/M
Febrero	1.408	622	1.133
Marzo	381	-	1.202
Abril	-	-	118



En abril de 2016, la distribución geográfica de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que estos se localizaron principalmente frente al puerto de Arica con una una cobertura máxima (5 mn). Por otra parte, se constata ausencia de larvas de la especie, a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Punta Angamos (23°01´S), observándose en esta última localidad, la presencia de este estadio de desarrollo, solo en en la estación costera de la transecta norte.

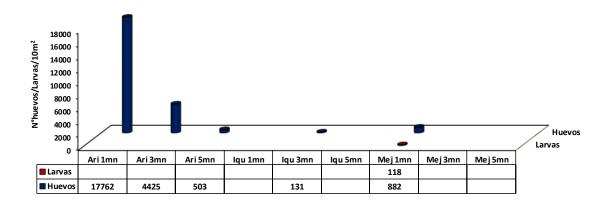


Figura 29. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la distancia de la costa para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Abril de 2016.

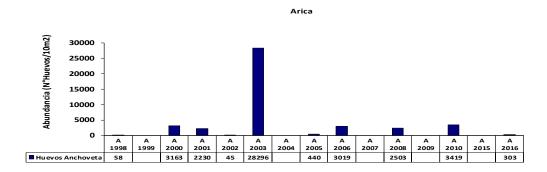
Para efectos comparativos se seleccionaron en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones las estaciones asignadas con los números 4, 7 y 13, respectivamente. De acuerdo a lo indicado por el estadio de huevos, el seguimiento de abril de 2016 muestra presencia de esta fase de desarrollo solo frente al puerto de Arica, exhibiendo con respecto al año 2013 un porcentaje de cambio de -91,1%, siendo este el tercer registro más bajo de la serie analizada (abril 1998 – 2016). Para los meses de abril de la serie analizada, en los años 1999, 2004, 2007, 2009 y 2015 se reporta ausencia de huevos de anchoveta.

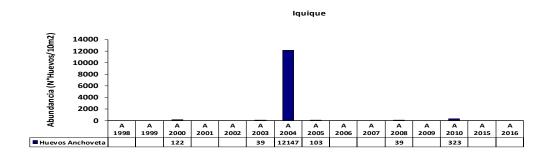
Al igual que en abril de 2016, Iquique reporta ausencia de huevos de anchoveta en abril de los años 1998, 1999, 2001, 2002, 2006, 2007, 2009 y 2015, registrándose la más alta abundancia en el año 2004 (**Figura 30**).

Frente a Mejillones, se observan las mayores abundancias en abril de los años 2010 y 2000, reportándose ausencia, de este estadio de desarrollo durante los años 1998, 2009, 2015 y 2016.



En relación a los estadios larvales, en abril de 2016 se verifica ausencia de esta fase de desarrollo frente a las tres localidades monitoreadas (**Figura 31**).





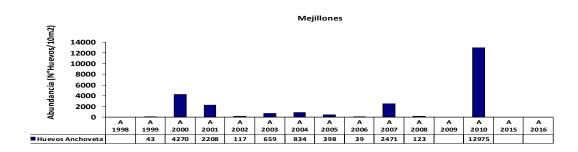
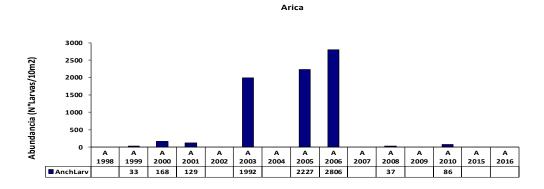
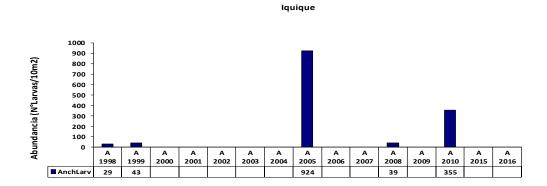


Figura 30. Abundancia de huevos de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Abril 1998 - 2016.







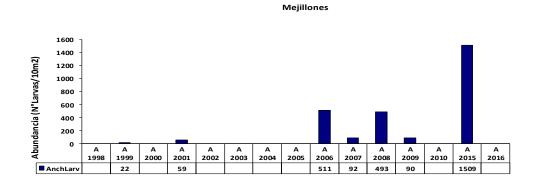


Figura 31. Abundancia de larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Abril 1998 - 2016.



3. Estimación de la biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en abril de 2016, valores comprendidos entre 80 (Est. N° 14, 3mn Transecta sur, Punta Angamos) y 482 (Est. N° 17- 1mn Transecta norte, Mejillones) ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona igual a 199 (DS = 119,05), cifra 13,1% menor respecto a la obtenida en marzo de 2016, predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad categorizados entre 34-100, 101-300 y 301-900, los que representaron el 25%, 56,3% y 18,7%, respectivamente (**Figura 32**), con una leve tendencia a la baja hacia el sur de la zona de operación de la flota industrial (**Figura 33**).

Las más altas biomasas promedio se observan frente al puerto de Arica (251), exhibiendo Iquique y Mejillones valores promedio de 143 y 215 ml de zooplancton/1.000 m³, respectivamente. Con respecto al mes de marzo de 2015, Arica y Mejillones muestran decrementos de 5,3% y 34,5% respectivamente. Por su parte Iquique exhibe un incremento de 22,2% con respecto al mes precedente (**Tabla 10**).

En relación a la composición específica de las muestras, estas estuvieron constituídas principalmente por copépodos, quetognatos, decápodos y sifonóforos. Frente al puerto de Iquique y como ha ocurrido en los meses anteriores, se verifica la presencia de pequeños langostinos.

En términos comparativos, las biomasas estimadas frente a las tres localidades estudiadas, muestran una baja en sus valores de producción secundaria. Es así, como Arica, Iquique y Punta Angamos, exhiben con respecto al mes de abril de 2015, un decremento de 23,1%, 73,9% y 81,7%, respectivamente (**Tabla 11**; **Figuras 34 y 35**).



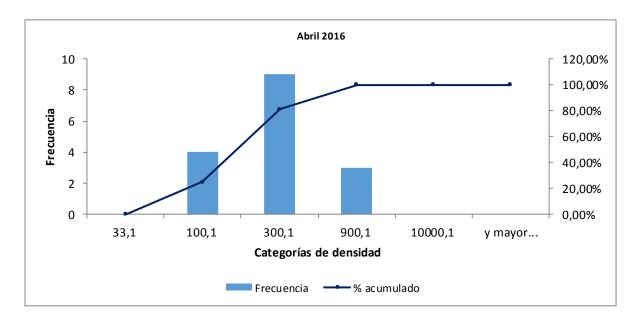


Figura 32. Categorías de densidad de la estimación de la biomasa zooplanctónica para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones - Abril 2016.

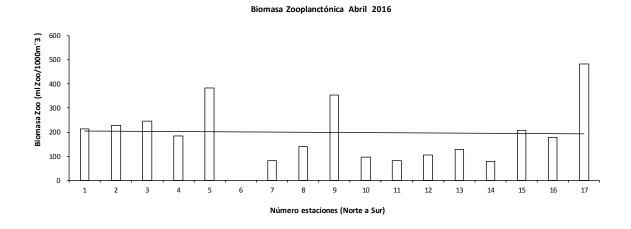


Figura 33. Abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica. Zona Norte - Abril 2016.



Tabla 10. Biomasa promedio y rangos del Zooplancton en los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie Marzo 2015 – Abril 2016.

Mes	N	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	CV (%)
Marzo 2015						
Arica	6	281	921	528	298,39	57
Iquique	6	181	482	308	121,26	39
Mejillones	5	128	500	286	139,20	49
Abril						
Arica	6	45	312	191	91,13	48
Iquique	8	207	676	358	166,47	46
Mejillones	5	180	695	412	227,16	55
Mayo						
Arica	6	174	595	312	160,04	51
Iquique	6	145	426	220	108,60	49
Mejillones	5	190	836	465	266,92	57
Junio						
Arica	6	79	413	230	146,56	64
Iquique	6	337	705	454	135,89	30
Mejillones	5	253	971	501	298,72	60
Julio						
Arica	6	142	382	242	88,30	36
Iquique	6	175	423	248	91,39	37
Mejillones	5	197	557	320	144.67	45
Agosto						
Arica	6	241	574	413	139,27	34
Iquique	6	212	344	271	49,63	18
Mejillones	5	156	453	304	136,83	45
Septiembre						
Arica	6	140	562	242	161,04	66
Iquique	6	255	377	301	47,42	16
Mejillones	5	298	926	584	271,44	46



Continuación Tabla 10

Mes	N	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	CV(%)
Octubre 2015						
Arica	6	127	551	375	182,05	49
Iquique	6	199	981	358	307,43	86
Mejillones	5	440	1702	952	484,86	51
Noviembre						
Arica	6	315	1996	934	747,48	80
Iquique	6	509	1527	777	385,74	50
Mejillones	5	363	735	504	149,46	30
Diciembre						
Arica	6	160	715	408	224,63	55
Iquique	6	162	216	195	20,28	10
Mejillones	5	308	533	445	90,29	20
Enero 2016						
Arica	6	120	436	214	128,15	60
Iquique	6	122	213	163	34,06	21
Mejillones	-	-	-	-	-	-
Febrero						
Arica	6	293	772	406	183,30	45
Iquique	6	79	406	228	154,79	68
Mejillones	5	308	730	476	154,78	33
Marzo						
Arica	6	125	437	265	128,31	48
Iquique	6	84	160	117	28,97	25
Mejillones	4	179	493	328	147,83	45
Abril						
Arica	5	183	383	251	77,08	31
Iquique	6	81	355	143	106,18	74
Mejillones	5	80	482	215	157,09	73



Tabla 11. Biomasa zooplanctónica promedio por puerto para la serie Abril 2002 - 2016.

Biomasa Zoo	Arica	Iquique	Mejillones	Promedio
Abril 2002	161	167	184	171
Abril 2003	397	150	128	225
Abril 2004	21	64	38	41
Abril 2005	292	527	53	291
Abril 2006	79	79	57	72
Abril 2007	818	100	26	315
Abril 2008	49	115	46	70
Abril 2009	179	254	65	166
Abril 2015	238	311	695	415
Abril 2016	183	81	127	130

Biomasa Zooplanctónica Serie mes Abril 2002-2016

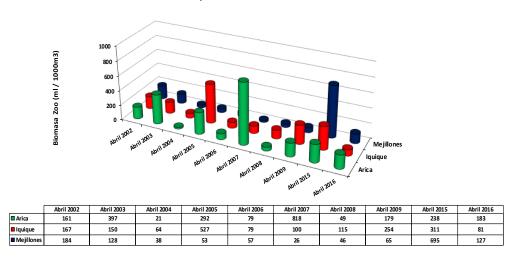


Figura 34. Biomasa zooplanctónica frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones para la serie Abril 2002 - 2016.



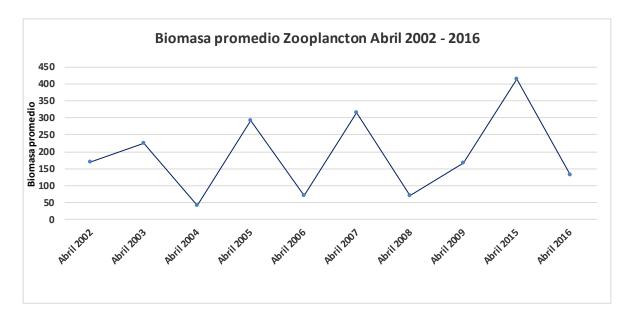


Figura 35. Biomasa zooplanctónica promedio frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones para la serie Abril 2002 - 2016.



CONCLUSIONES

Los valores de oxígeno disuelto detectados, especialmente en la franja costera (1mn), sugieren la influencia de aguas del tipo Ecuatorial Subsuperficial (AESS) asociadas a procesos de surgencia costera. Al respecto, los valores del Transporte de Ekman (TEk) indicaron procesos activos en las tres localidades, aunque menos intensos que los registrados durante marzo de 2016. Esto fue más evidente en Antofagasta, donde predominaron valores cercanos a 1.000 m³/s/km. En Arica e Iquique, la tendencia fue similar, pero máximas superiores a 2.000 m³/s/km se observaron con mayor frecuencia).

La biomasa fitoplanctónica experimentó un notorio descenso. Considerando como biomasas altas aquellas superiores a 10,0 µg Cl-a/L, el sistema, en general presentó una condición pobre, especialmente Arica e Iquique, donde los valores escasamente superaron los 5,0 µg Cl-a/L. Dada la estacionalidad imperante, la condición del sistema está dentro de un cuadro normal.

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en abril de 2016, valores comprendidos entre 80 y 482 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona igual a 199 (DS = 119,05), cifra 13,1% menor respecto a la obtenida en marzo de 2016, con una leve tendencia a la baja hacia el sur de la zona de operación de la flota industrial.

Las más altas biomasas promedio se observan frente al puerto de Arica (251), exhibiendo Iquique y Mejillones valores promedio de 143 y 215 ml de zooplancton/1.000 m³, respectivamente. Con respecto al mes de marzo de 2015, Arica y Mejillones muestran decrementos de 5,3% y 34,5% respectivamente. Por su parte Iquique exhibe un incremento de 22,2% con respecto al mes precedente.

En términos comparativos, las biomasas estimadas frente a las tres localidades estudiadas, muestran una baja en sus valores de producción secundaria. Es así, como Arica, Iquique y Punta Angamos, exhiben con respecto al mes de abril de 2015, un decremento de 23,1%, 73,9% y 81,7%, respectivamente.

En abril de 2016, los huevos de anchoveta se localizaron principalmente frente al puerto de Arica, constatándose ausencia de larvas de la especie, a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y Punta Angamos (23°01´S), observándose en esta última localidad, la presencia de un registro positivo a este estadio de desarrollo.



Se verificó la presencia de 23.703 huevos y 118 larvas, señalando una situación característica de baja actividad reproductiva, identificándose 7 estaciones positivas para huevos y 1 para larvas, lo que representó una frecuencia de 46,7% y 6,7% y una dominancia numérica de 98,7% y 47,6% para cada estadio de desarrollo, respectivamente.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en abril de 2016, respecto a la reportada en marzo, muestra que la abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación distinta para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos, exhibe con respecto al mes anterior, un porcentaje de cambio positivo de 349%, mientras que las fases larvarias disminuyen su extensión geográfica en un 93%, siendo éstos, el décimo primero de los registros cuantitativamente más importante de la serie analizada, para el estadio de huevos y el más bajo para las fases larvarias, respectivamente.

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al mes de marzo de 2016, para el estadio de huevos un importante incremento de 734%.



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.
- **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.
- **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: Normanichthydae) del área de Valparaíso.Rev. Biol. Mar.Valparaíso, 17:81-95.
- **Barber R.T. y E. P. Chavez. 1983**. Biological consequences of El Niño. Science 22: 1203-1210.
- **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. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T Strub. 2001**. Seasonal climatology of hidrographics conditions in the upweling region off northern Chile. Journal Geophysical Research, 106, C6, 11451-11467.
- Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub, 2002. Hidrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. Journal Geophysical Research, 107, C3.
- **Böhm, M.G., 2015.** Boletín Semanal N° 50 (XV, I, II, III, IV Regiones) 07 al 13 de diciembre 2015. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte IFOP. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT/ Diciembre 2015.
- Braun, M., J. Castillo, J. L. Blanco, S. Lillo y H. Reyes. 1995. Monitoreo hdroacústico y oceanográficodelos recursos pelágicos de la I y II Regiones. Informe Final.



- Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 172 pp + Tablas, Figuras y Anexos.
- 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, E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005b.

 Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV

 Regiones, año 2004. Informe Final, FIP 2004-01, Fondo de Investigación

 Pesquera. 300 pp + 46 Tablas, 135 Figuras y 3 Anexos.
- **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.
- 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.
- 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.
- **Díaz, E. 2015.** Monitoreo Reproductivo SEMANA N° 33 (XV, I, II REGIONES) (10 al 16 agosto 2015) Convenio de Desempeño 2015 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2015.
- **Díaz, E. 2015.** Monitoreo Reproductivo SEMANA N° 40 (XV, I, II REGIONES) (28 septiembre al 04 de octubre 2015) Convenio de Desempeño 2015 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT



/ Octubre 2015.

- **Díaz, E. 2015.** Monitoreo Reproductivo SEMANA N° 42 (XV, I, II REGIONES) (12 al 18 octubre 2015) Convenio de Desempeño 2015 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Octubre 2015.
- **Díaz, E. 2015.** Monitoreo Reproductivo SEMANA N° 46 (XV, I, II REGIONES) (09 al 15 noviembre 2015) Convenio de Desempeño 2015 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Noviembre 2015.
- **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. 1966.** Zooplancton 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.
- **Greenwood, P, D.Rosem, S.Weitzman y G.Myers.1966**. Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of linving forms. An.Mus.Nat.Hist., Bull 131(4):341 455.
- 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. Univiversidad 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 NMFS 80.
- 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.
- 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 secuence (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 Carlifornia Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae.Bull.Los Ang.Cty.Mus.Nat. Hist. Sci.7:1-145.
- 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.
- **Parsons, T.T., Y. Maita y C. Lalli. 1984**. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press 173 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.
- **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.
- **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.
- 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.
- **Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984**. Timing of spawning of Atlanctic 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 grounfish 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.
- **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.
- Yañez, 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.
- Yánez, E., C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, N. Silva, S. Hormazábal, 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.