



BOLETÍN BIO-OCEANOGRÁFICO N°4
Diciembre 2016

Convenio Desempeño 2016

Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre la XV y II Regiones, año 2016.

SUBSECRETARÍA ECONOMÍA Y EMT / Enero-2017



BOLETÍN BIO-OCEANOGRÁFICO N°4
Diciembre 2016

Convenio Desempeño 2016

Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre la XV y II Regiones, año 2016.

SUBSECRETARÍA ECONOMÍA Y EMT / Enero 2017

REQUIRENTE

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**
Subsecretaria de Economía y EMT
Natalia Piergentili Domenech

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División de Pesquerías
Mauricio Gálvez Larach

Jefe Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente
Jaime Letelier Pino
Jefe Sección Oceanografía Pesquera
Hernán Reyes Rivas

JEFE DE PROYECTO

Jorge Angulo Aros



SUBSECRETARÍA ECONOMÍA Y EMT / Enero-2017

AUTORES

Oceanografía e información satelital

Milena Pizarro Revello
Catherine Grendi Celedón
Úrsula Cifuentes Ojeda

Ictioplancton y zooplancton

Francisca Osorio Zúñiga
Jorge Angulo Aros

COLABORADORES

Angélica Varas Sandoval
Alejandro Audisio López
Adrián Bustamante Maino



BOLETIN BIO-OCEANOGRÁFICO N°4, ZONA NORTE

Mes: Diciembre 2016

Preparado por: Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente. IFOP

Condición Regional

Durante diciembre la condición fría La Niña continúa presente (**Figura 1a**) en el Ecuador. Las temperaturas superficiales en el Ecuador (TSM) estuvieron por debajo del promedio en el Océano Pacífico central y este, con valores del índice ligeramente mayor (más cálido) a $-0,5^{\circ}\text{C}$ en las regiones Niño₃ y Niño_{3.4}. Se espera que una transición a un periodo ENOS-neutral ocurra en febrero, condición que se mantendría hasta la primera mitad de 2017 (NOAA, 2016). La región Niño₁₊₂ en diciembre fluctuó en valores positivos que superaron los $0,6^{\circ}\text{C}$ a fines de mes. En la costa sudamericana se mantienen las anomalías positivas, con valores $>0,5^{\circ}\text{C}$ en el sector costero de la zona norte de Chile (NOAA, 2016). Anomalías térmicas de hasta $+2^{\circ}\text{C}$ se registraron a mediados de mes en el sector oceánico de la zona norte, las que se extendieron hacia la costa entre los 25° y 27°S (IRIDL, 2016).

Condición Local

En diciembre, las anomalías térmicas (ATSM) permanecen positivas en ambas zonas norte (18° - 26°S) y sur (34° - 40°S). De julio a noviembre las ATSM de la zona norte (costa y océano) fueron mayores que en la zona sur, sin embargo en diciembre esto se invierte al presentar las anomalías de la zona norte un descenso principalmente en la costa, de $+0,8^{\circ}$ a $0,37^{\circ}\text{C}$, mientras que las anomalías en la zona sur mostraron un aumento respecto al mes de noviembre, de $+0,4^{\circ}$ a $+0,81^{\circ}\text{C}$ en la costa y de $+0,53^{\circ}$ a $+0,72^{\circ}\text{C}$ en el sector oceánico (**Figura 1b-c**).

Los valores de las cuatro series de clorofila-a satelital disminuyeron de noviembre a diciembre (**Figura 1d-e**). Esta disminución ocurrió de forma más notoria en la serie costera sur pues varió de 17,06 a 15,93 $\mu\text{g/L}$. A pesar de lo anterior, fue el único sector que se mantuvo sobre el promedio de la serie. En el sector oceánico sur el descenso fue de 1,13 a 0,68 $\mu\text{g/L}$. Las series norte mostraron menores disminuciones que el sur, con un mínimo en el sector oceánico donde bajó de 0,5 $\mu\text{g/L}$ en noviembre a 0,3 $\mu\text{g/L}$ en diciembre (**Figura 1d-e**).

En cuanto a las estaciones de vigilancia de la zona norte (**Figura 2**) los procesos de surgencia se observaron debilitados tanto en Arica como en Iquique, con valores en superficie de 18°C y 19°C , respectivamente, más una marcada estratificación donde la isoterma de 15°C se ubicó en ~ 22 y 28 m respectivamente. En Mejillones se registró un valor superficial $>18^{\circ}\text{C}$, con una termoclina más intensa y somera que en las otras dos estaciones, ya que la isoterma de 15°C se observó en los 6 m (**Figura 2a**). Lo anterior, sumado a una columna homogénea de valores $<34,8$ en Mejillones, da cuenta de un proceso de surgencia moderada en esta estación. En Arica e Iquique las salinidades



fluctuaron en torno a valores $\pm 34,8$, con una mayor presencia de núcleos levemente más salinos ($>34,8$) en Iquique (**Figura 2b**).

El oxígeno en las tres estaciones registraron máximos superficiales $>5\text{ mL/L}$, mientras que en profundidad la isolínea de 1 mL/L se ubicó de norte a sur cercana a los 20 m, 26 m y 6 m, respectivamente, por lo que la oxiclina, presente en las tres estaciones, estuvo más somera y con mayor gradiente en Mejillones (**Figura 2c**). La clorofila *a* presentó concentraciones $>1\mu\text{g/L}$ en las tres estaciones, en un pequeño núcleo centrado en los 5 m en Arica y en capas con espesores desde superficie hasta los entre 12 m en Iquique y 24 m en Mejillones (**Figura 2d**).

La densidad mostró una columna de agua estratificada en las tres estaciones. En Arica e Iquique se registraron los menores valores superficiales ($<25\text{ kg/m}^3$) y la isopícnica de 26 kg/m^3 se ubicó en los 38 m respectivamente. En Mejillones la picnoclina fue de mayor intensidad y más somera que las otras dos estaciones, con un mínimo superficial $<25,4\text{ kg/m}^3$ y la isolínea de 26 kg/m^3 ubicada $\sim 12\text{ m}$ (**Figura 3a**).

Las estaciones de la zona sur ubicadas a 5, 12 y 18 mn frente a Coliumo mostraron en noviembre y diciembre el calentamiento estacional, registrando en diciembre valores superficiales $>15^\circ\text{C}$ en las 12 y 18 mn. Estos valores fueron mayores a los medidos en diciembre de 2014 ($>11^\circ\text{C}$). Este mes la termoclina en las tres estaciones se observó más restringida a los primeros 10 m. En profundidad, la isoterma de 11°C se ubicó cercana a los 30 m en las tres estaciones, profundizándose entre 5 y 10 m en relación al muestreo de noviembre. Este aumento de la temperatura estacional mostró una diferencia entre 1° y 2°C más en los meses de octubre a diciembre que lo reportado en el ciclo anual (2002-2006) en la estación a 18 mn (Sobarzo *et al.*, 2007).

La salinidad presentó distribuciones verticales muy similares en las tres estaciones, con valores $>34,4$ bajo los 10 m y valores levemente menores en la capa superficial. Éstos son los registros más altos observados desde enero de 2016. Este aumento en la salinidad estaría relacionado a la baja en el aporte de agua dulce de ríos y de las lluvias estacionales que son máximos entre junio y julio (Sobarzo *et al.*, 2007) (**Figura 4b**). En relación a periodos anteriores, este año se registraron salinidades menores que en diciembre de 2014 ($\sim 34,6$) en las estaciones de 5 y 12 mn, y mayores las registradas en las 18 mn ($<34,2$).

La densidad mostró picnoclinas bien definidas en las tres estaciones, con valores superficiales que variaron entre $25,6$ y $25,8\text{ kg/m}^3$ a nivel superficial, en tanto que los $26,2\text{ kg/m}^3$ se ubicaron en las tres estaciones en torno a los 12 m. En relación a diciembre de 2014 este año se registraron menores densidades en los primeros 10 m (2014, $\sim 26,4\text{ kg/m}^3$) y una picnoclina más intensa (**Figura 4c**).

En la estación ubicada a 10 mn de Corral, la distribución de temperatura mostró calentamiento estacional con valores que superaron los 15°C en los primeros metros, seguido de una termoclina marcada hasta los 12 m (**Figura 5a**), similar al observado en el verano de 2016. En profundidad la isoterma de 11°C se profundizó $\sim 8\text{ m}$ con respecto al mes de noviembre, y 10 m más profundo que



en el verano anterior. La salinidad en diciembre presentó poca variación centrada en torno a los 34,4 bajo los 10 m y valores algo menores en la capa superficial (**Figura 5b**). Tanto los valores de noviembre como los de diciembre fueron más altos que los reportados en el verano 2016 (superficie <33,8). La densidad mostró una marcada piconclina a nivel superficial con un rango de entre 25,4 kg/m³ a 26,2 kg/m³ en los primeros 14 m. La presente distribución presentó un menor rango de valores que lo visto en el verano anterior (valores superficiales <25 kg/m³) (**Figura 5b**).

En resumen, la región Ecuatorial sigue fría en diciembre, sin embargo la zona centro-norte de Chile permaneció con ATSM positivas, asociadas al calentamiento estacional. Las estaciones mensuales de Arica, Iquique y Mejillones mostraron evidencia de surgencia de débil a moderada con valores y distribución similar a lo observado en 2014 (año neutro), no así con el muestreo de diciembre de 2015 en pleno desarrollo del evento Niño 2015-16. Las concentraciones de clorofila-a tanto satelital como *in situ* disminuyeron en relación al muestreo del mes anterior, sin embargo no presentan diferencias notables con respecto al mes de diciembre de 2014 o 2015. En la zona sur, la distribución de las variables físicas de la estación de 10 mn de Corral fue similar a las de Coliumo, mostrando ambas áreas un calentamiento estacional y una mayor salinidad asociada, posiblemente, a la disminución estacional de aportes de aguas dulces en superficie. En el caso de Coliumo, se observa una diferencia con los muestreos anteriores debido a un claro aumento en la temperatura para el presente muestreo.

Componente biológica

En la zona norte, el ictioplancton de importancia comercial estuvo compuesto únicamente por huevos y larvas de anchoveta (*Engraulis ringens*). El 100 % de los huevos perteneció a esta especie, mientras que en las larvas, el 50 % perteneció a anchoveta y el 50% a otras especies (**Tabla 1**).

En la zona sur, para las estaciones de las localidades de Coliumo (VIII región) (a 5, 12 y 18 mn) y Corral (XIV región) se registraron huevos de anchoveta, merluza común (*Merluccius gayi*) y larvas de sardina común (*Strangomera bentincki*).

En Coliumo, considerando las tres estaciones, el 87,8% del total de huevos correspondió a anchoveta, mientras que el 12,2% a merluza común. En Corral el 66,7% de los huevos fue de anchoveta y el 33,3% de otras especies no comerciales, no registrándose huevos de merluza común en la columna, pero si en el estrato más superficial (**Tabla 1**). La totalidad de las larvas en la columna de agua de las estaciones de Coliumo y Corral pertenecieron a sardina común (**Tabla 1**).

La anchoveta fue la especie dominante del ictioplancton en las zonas norte y sur, por lo que fue seleccionada para las comparaciones posteriores. En los lances integrados de la zona norte, la mayor densidad de huevos se registró en Mejillones (57,2%), encontrándose igualmente distribuidos entre Arica e Iquique (21,4%). El patrón de distribución espacial de los huevos en esta zona no coincidió con lo esperado para diciembre, de acuerdo a la serie histórica 1997-2006, donde las mayores densidades se localizarían en la estación de Arica.



En la zona sur, la densidad promedio de huevos más alta se registró en Coliumo, la cual fue un 41,1% mayor que la encontrada en Corral. En Coliumo los huevos presentaron las más altas densidades en la estación a 18 mn (58,3%).

En cuanto a las larvas de anchoveta de las estaciones del norte, la totalidad se ubicó en la estación de Mejillones. En la zona sur no se encontraron larvas de anchoveta (**Tabla 1**).

La distribución vertical de los huevos se observó superficial en el sector norte, registrándose las mayores abundancias de Arica, Iquique y Mejillones en los primeros 10 m de profundidad, con un 100%, 100% y 78% de los huevos, respectivamente (**Figura 3b**). En Coliumo, en la estación a 12 y 18 mn, las mayores densidades de huevos se concentraron en el estrato de 25-50 m, seguido del estrato más profundo (50-80 m) (**Figura 4d**). En la estación a 5 mn, el 70% de los huevos se encontró entre los 0-25 m de profundidad (**Figura 4d**). En Corral, la totalidad de los huevos se registró en el estrato de 0-25 m (**Figura 5d**).

En la zona norte la abundancia media de huevos fue un 95% menor al promedio histórico para este mes (**Figura 6a**), mientras que en Coliumo la abundancia promedio de las tres estaciones fue un 92% más baja que el promedio 2014-2015 para diciembre (**Figura 6b**). En Corral no hay registros históricos disponibles para este mes (**Figura 6c**).

En las estaciones de la zona norte no se observó un ajuste entre el IGS y la media de huevos, mientras que el valor del IGS fue similar al histórico (6 % vs 5,8%) (**Figura 7a**).

En la zona sur, a pesar de los altos valores de IGS en las estaciones de Coliumo y Corral (8 y 7,8% respectivamente), estos no se vieron reflejados en las bajas densidades promedio de huevos del presente mes (**Figuras 7b y 7c**).

Tanto la abundancia como biomasa promedio del zooplancton en las estaciones de la zona norte disminuyeron con respecto al mes anterior, de 1.601.840 ind/1000 m³ (nov) a 139.105 ind/1000 m³ (actual) y de 457 ml zoo/1000 m³ a 126 ml zoo/1000 m³ (disminución en 84 y 56% respectivamente). La relación abundancia-biomasa indicó una disminución promedio del tamaño de las partículas. Las mayores abundancias zooplantónicas se registraron en Mejillones, coincidiendo con el foco de abundancia de huevos de anchoveta en esta estación (**Tabla 1**). El zooplancton en dicha estación estuvo conformado principalmente por copépodos, larvas de crustáceos decápodos y poliquetos.

En Coliumo, tanto la abundancia como la biomasa promedio del zooplancton aumentaron en relación a noviembre, de 201.613 ind/1000 m³ a 1.277.342 ind/1000 m³ y de 122 ml zoo/1000 m³ a 427 ml zoo/1000 m³ (aumento de 73 y 55%, respectivamente). Se observó un aumento promedio del tamaño de las partículas, con respecto al mes anterior. Las mayores abundancias del zooplancton se ubicaron en la estación más costera (5 mn), y estuvo compuesto principalmente por copépodos y poliquetos. La distribución espacial de las mayores densidades de zooplancton no coincidió con las mayores densidades de los huevos de anchoveta (en estación a 18 mn) (**Tabla 1**).



En Corral, la abundancia y la biomasa promedio del zooplancton aumentaron en comparación al mes anterior, de 225.364 ind/1000 m³ a 728.293 ind/1000 m³ y de 119 ml zoo/1000 m³ a 198 ml zoo/1000 m³ (aumento en 52 y 25%, respectivamente). El tamaño promedio de las partículas se mantuvo en relación a noviembre, predominando los copépodos, poliquetos y larvas de crustáceos decápodos.

La serie mensual para la zona norte indica un acoplamiento entre la abundancia de huevos y de zooplancton, desde diciembre de 2015, hasta septiembre de 2016. Se observa una señal anual con los máximos de abundancia en los meses de primavera (centrada en septiembre de 2016), que es coincidente con la climatología estacional de la surgencia descrita para esta zona (Blanco *et al.* 2001). Sin embargo, durante octubre y noviembre de 2016, el zooplancton presentó altas densidades, lo que no se vio reflejado en el bajo número de huevos. En el mes de análisis (diciembre) se registró un descenso abrupto en la abundancia zooplanctónica y una disminución en el valor promedio de huevos de anchoveta, con respecto al mes anterior (**Figura 8a**).

En Coliumo, si bien se registró una señal anual en la abundancia media de huevos y de zooplancton, los pulsos de abundancia de huevos desde marzo hasta octubre de 2016, no tuvieron la misma magnitud que el zooplancton. El zooplancton presentó las mayores densidades en octubre, desfasado en un mes con respecto al mayor valor promedio de huevos. En el mes de análisis no existió un acoplamiento entre estas variables, debido a la baja densidad de huevos a pesar de la alta abundancia de organismos zooplanctónicos (**Figura 8b**).

En síntesis, durante diciembre la abundancia y distribución espacial del ictioplancton de anchoveta en la zona norte no se ajustó a lo esperado, de acuerdo al patrón de distribución mensual histórico. En el mes de análisis no existió un acoplamiento entre la condición reproductiva de los adultos y la densidad de huevos en las estaciones costeras de monitoreo.

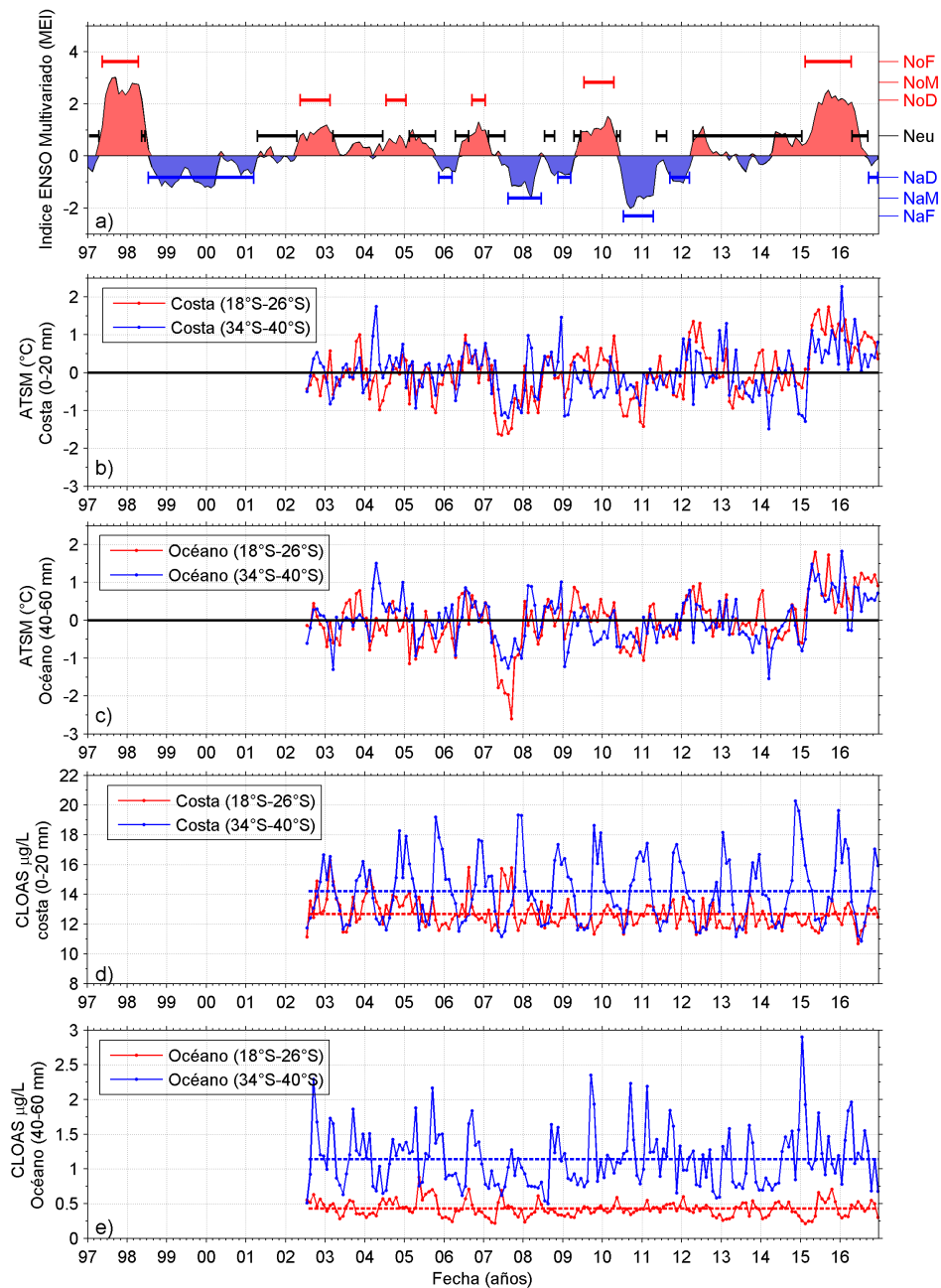


Figura 1. Series de tiempo para el período julio 2002 - diciembre 2016 de: a) Índice ENOS Multivariado (MEI), líneas: eventos declarados El Niño (rojo: fuerte, moderado, débil), La Niña (azul: fuerte, moderado, débil) y neutros (negro). Promedio de ATSM ($^{\circ}\text{C}$) entre 18°S - 26°S (rojo) y 34°S - 40°S (azul) en el sector b) costero, y c) oceánico. Promedio de clorofila-a satelital ($\mu\text{g/L}$) entre 18°S - 26°S (rojo) y 34°S - 40°S (azul) en el sector: d) costero, y e) oceánico.

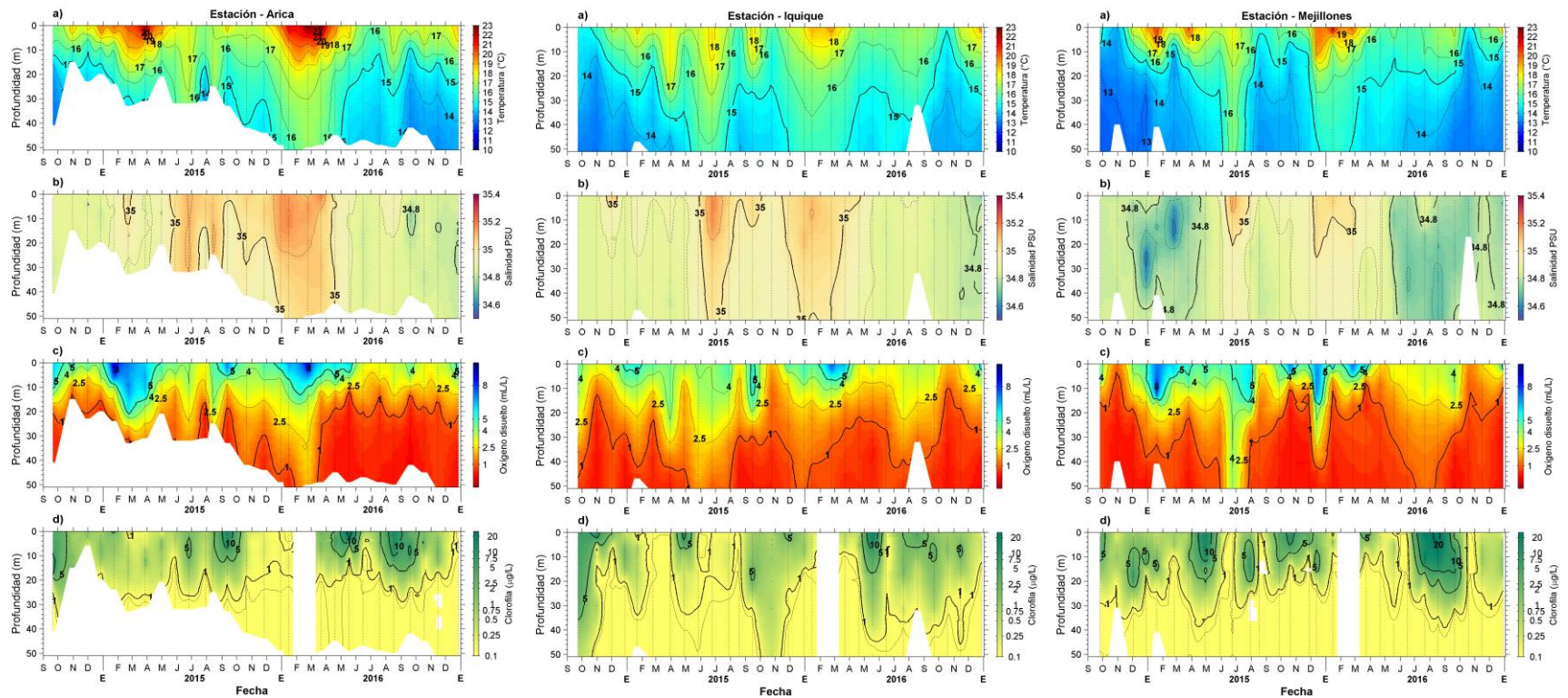


Figura 2. Series de tiempo de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) concentración de oxígeno disuelto (mL/L) y d) clorofila ($\mu\text{g/L}$), en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones, entre septiembre 2014 y diciembre 2016.

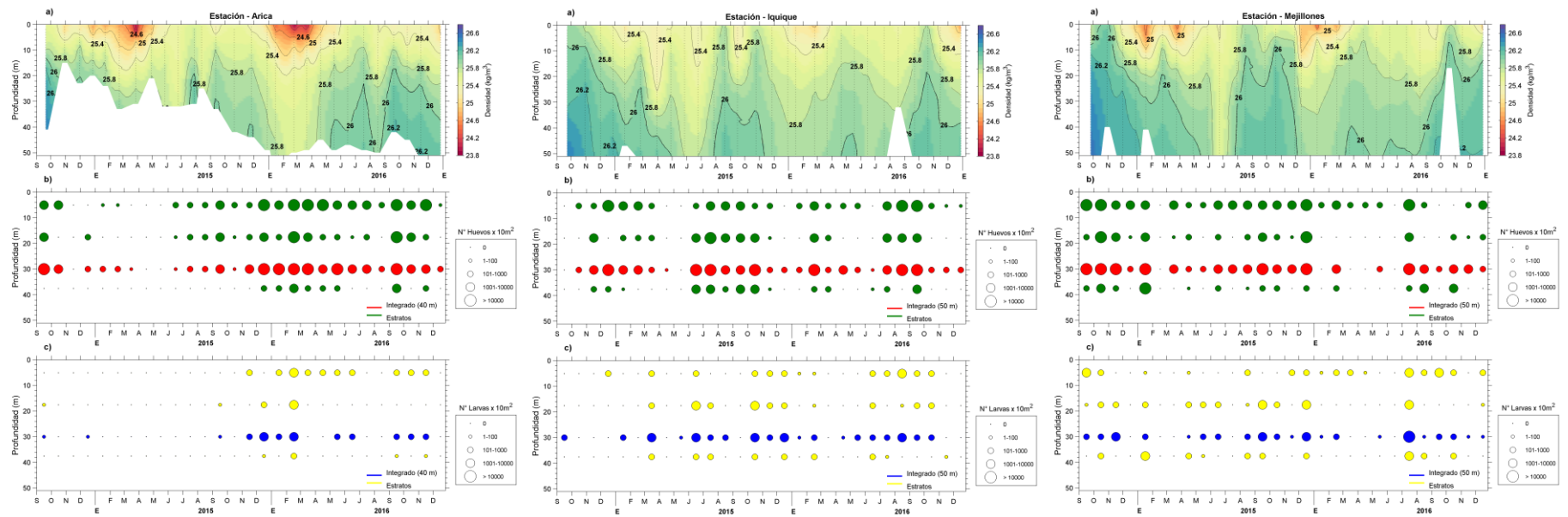


Figura 3. Series de tiempo de a) densidad (kg/m^3), b) n° de huevos y c) n° de larvas de anchoveta, en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones, entre septiembre 2014 y diciembre 2016.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

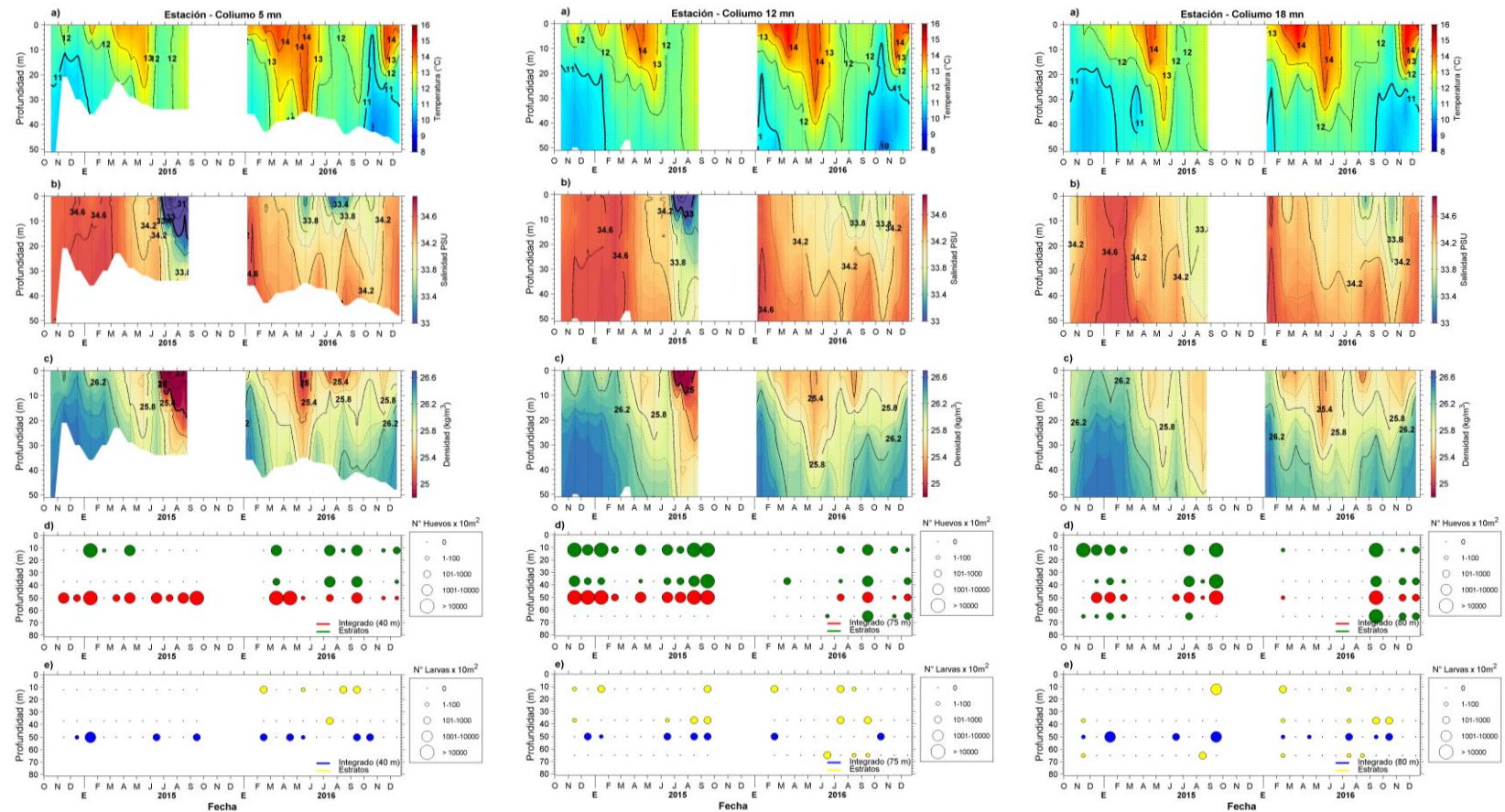


Figura 4. Series de tiempo de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad, c) densidad (kg/m^3), d) N° de huevos y e) N° de larvas de anchoveta, en las estaciones fijas de Coliumo a 5, 12 y 18 mn, entre octubre 2014 y diciembre 2016.

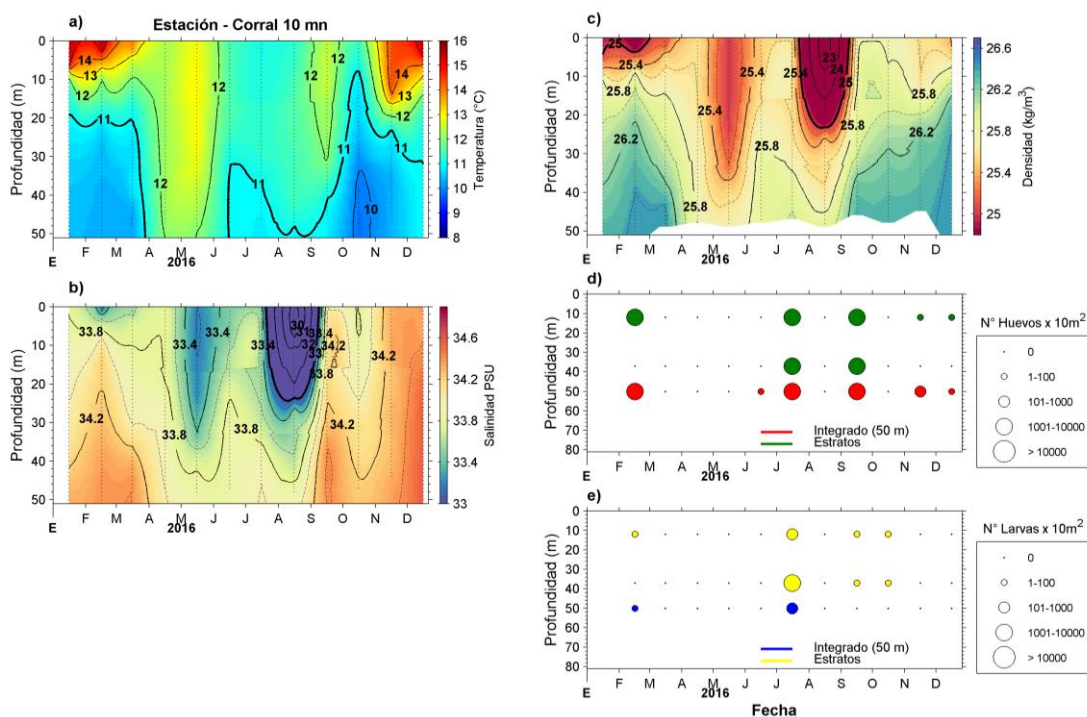


Figura 5. Series de tiempo de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad (kg/m³), d) N° de huevos y e) N° de larvas de anchoveta, en la estación fija de Corral a 10 mn (39°40'S; 73°37,2'W), entre enero y diciembre 2016.

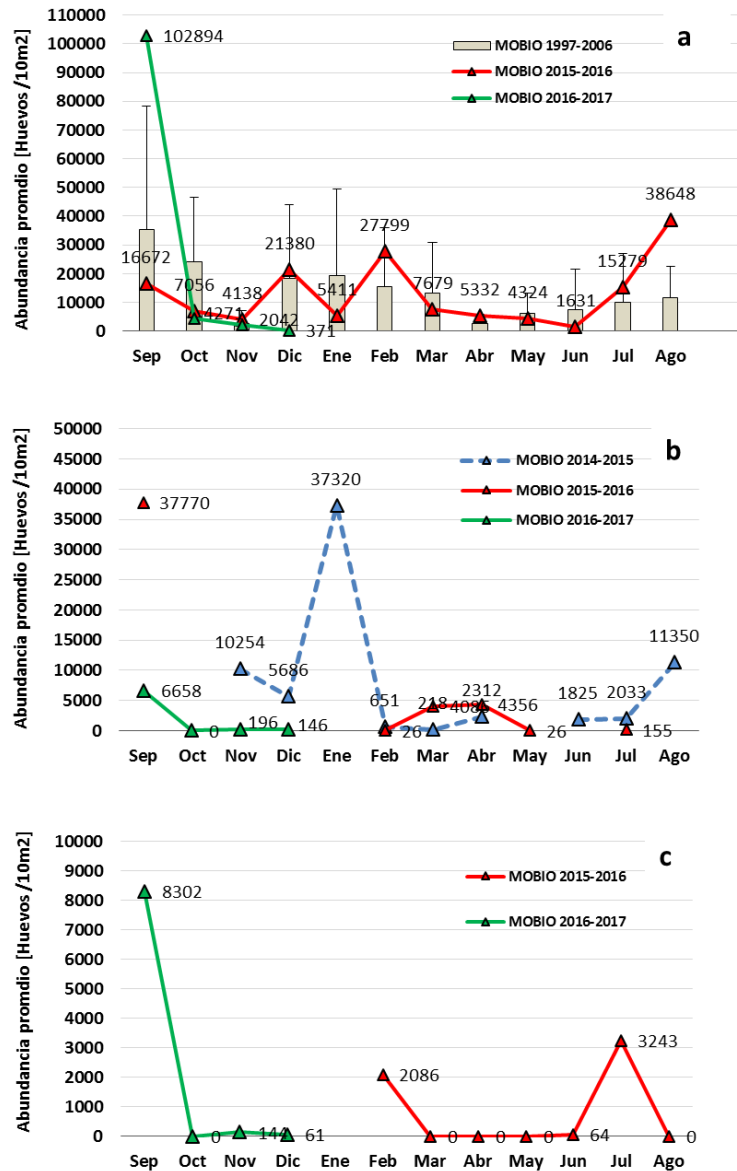


Figura 6. Promedio mensual de la densidad media de huevos de anchoveta por estación positiva (huevos/10 m²) de Arica-Iquique-Mejillones, histórico (1997-2006) y en proyectos MOBIO años 2015-2016 (a), promedio mensual de huevos de anchoveta MOBIO sur 2014, 2015 y 2016 de Coliumo a 5, 12 y 18 mn (b) y MOBIO sur 2015, 2016 de Corral (c).

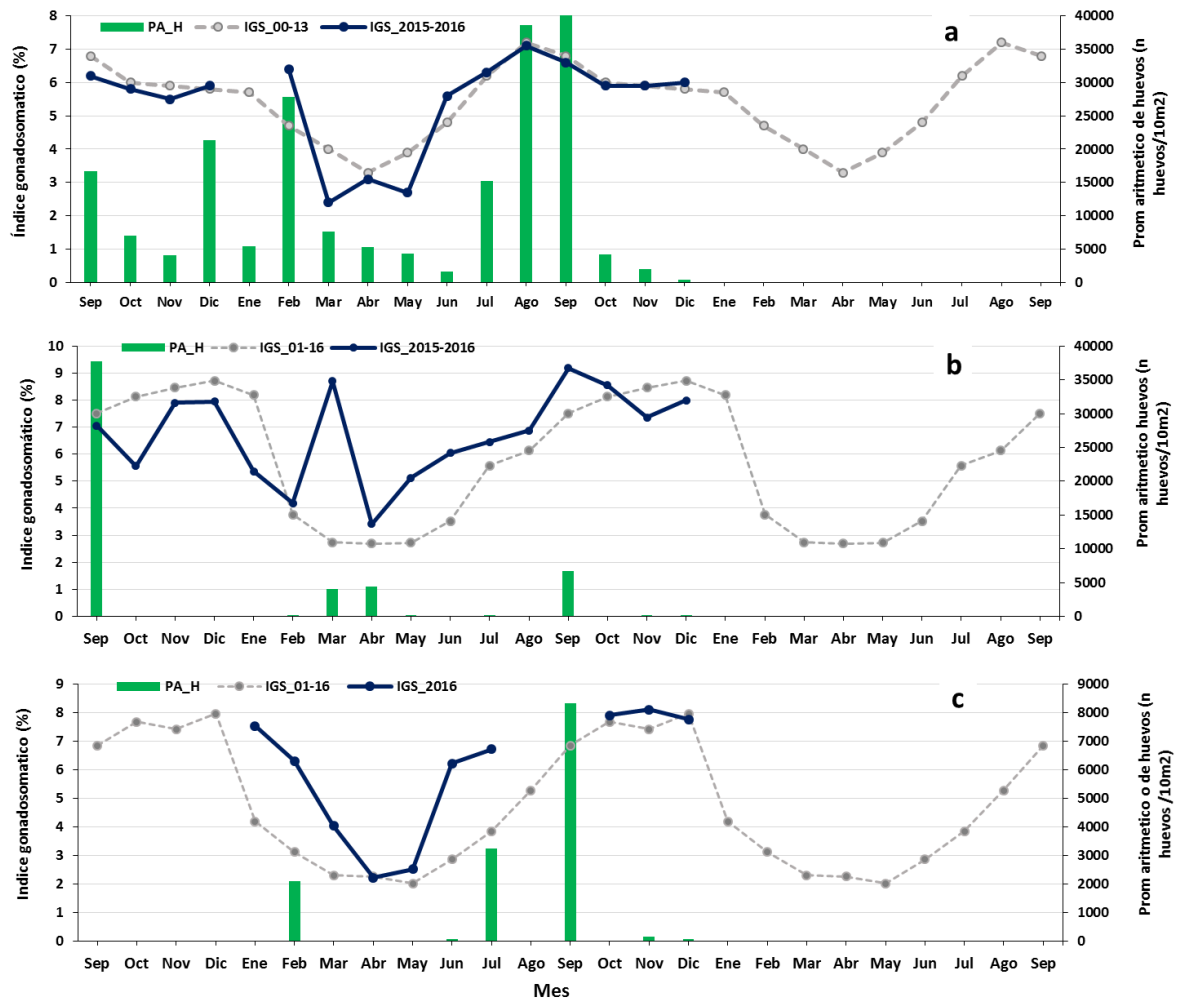


Figura 7. Índice gonadosomático medio mensual (IGS) (línea azul), promedio histórico del IGS (línea gris) y promedio aritmético de huevos (huevos/10 m²) de anchoveta, entre Arica y Mejillones, años 2015-2016 (a), en Coliumo (b) y en Corral (c). La escala de abundancia de huevos en la zona norte fue ajustada al valor máximo del promedio histórico del mes. El dato de septiembre excede en un 76% este valor (abundancia prom sept: 102.894 h/10m²).

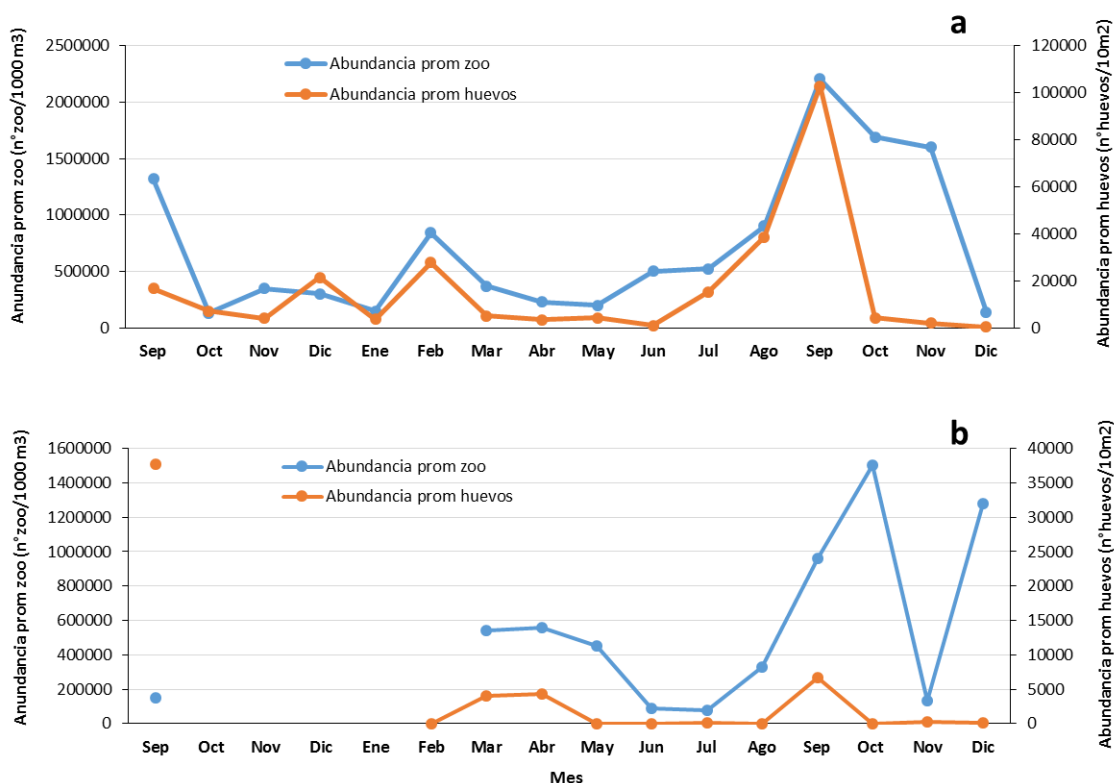


Figura 8. Series de tiempo para la abundancia promedio del zooplancton y los huevos de anchoveta, en el periodo comprendido entre septiembre del 2015, hasta diciembre de 2016, correspondiente a la zona norte (Arica-Iquique-Mejillones) (a) y sur (Coliumo) (b) de Chile.



Tabla 1. Resumen de la abundancia del ictioplancton de las distintas especies encontradas en las zonas norte y sur, además de la abundancia y biomasa del zooplancton, correspondiente a cada estación de muestreo, durante el mes de diciembre de 2016.

Estación	Huevos					Larvas				Zooplancton	
	Estrato	<i>Engraulis ringens</i>	<i>Srangome ra bentincki</i>	<i>Merluccius gayi</i>	Otras especies	<i>Engraulis ringens</i>	<i>Strangome ra bentincki</i>	<i>Merlucciu s gayi</i>	Otras especies	Biomasa (mL/1000 m3)	Abundancia (ind/1000 m3)
Arica	0-50 m	239	0	0	0	0	0	0	0	121	76118
	0-10 m	80	0	0	0	0	0	0	0	121	1523984
	10-25 m	0	0	0	0	0	0	0	0	27	20471
	25-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	388	9050
Iquique	0-50 m	239	0	0	0	0	0	0	0	80	56764
	0-10 m	80	0	0	0	0	0	0	80	759	752483
	10-25 m	0	0	0	0	0	0	0	0	107	11759
	25-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	127	23555
Mejillones	0-50 m	637	0	0	0	80	0	0	80	178	284434
	0-10 m	1114	0	0	0	239	0	0	0	1042	1061518
	10-25 m	318	0	0	80	80	0	0	0	322	213778
	25-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	436	116359
Coliumo 5 mn	0-50 m	61	0	61	0	0	0	0	0	875	2046733
	0-25 m	122	0	0	61	0	122	0	0	1607	3244214
	25-50 m	51	0	0	0	0	0	0	0	106	1587305
Coliumo 12 mn	0-80 m	122	0	0	0	0	61	0	0	85	808083
	0-25 m	56	0	0	0	0	0	0	0	255	75758
	25-50 m	183	0	0	0	0	244	0	0	1066	2373319
	50-80 m	183	0	0	0	0	122	0	0	302	1016045
Coliumo 18 mn	0-80 m	256	0	0	0	0	51	0	0	323	977211
	0-25 m	225	0	0	0	0	0	0	0	605	1955696
	25-50 m	427	0	0	0	0	0	0	0	1560	2403876
	50-80 m	256	0	0	0	0	256	102	0	875	2703512
Corral	0-50 m	61	0	0	61	0	56	0	0	199	728293
	0-25 m	61	0	61	0	0	122	0	0	700	1212124
	25-50 m	0	0	0	0	0	56	56	0	907	1238862

Referencias



Blanco J. L., A. C. Thomas, M. E. Carr & P. T. Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 106: 11.451-11.467

IRIDL. 2016. Anomalías mensuales de temperatura superficial del mar, en base a la climatología (1971-2000). International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, EE.UU, Diciembre de 2016. http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/SST_Plots/Std_Anomaly.html?bbox=bb%3A219.50%3A-50.282%3A306.86%3A19.651%3Abb

NOAA. 2016. El Niño/Oscilación del Sur (ENSO). Recent evolution. Current Status and Predictions. 12 de enero de 2017. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf

Sobarzo, M., L. Bravo, D. Donoso, J. Garcés & W. Schneider. 2007. Coastal upwelling and seasonal cycles that influence the water column over the continental shelf off central Chile. *Progress in Oceanography* 75 (2007) 363–382.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl