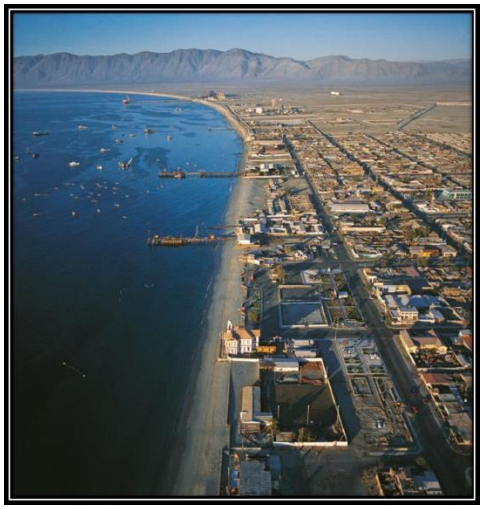
INFORME FINAL

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DURANTE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA DE CORPESCA S. A. EN PRESENCIA MASIVA DE CARDÚMENES DE ANCHOVETA (*Engraulis ringens*) EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR.



DICIEMBRE – 2016.

Centro de Investigación Aplicada del Mar – CIAM

INFORME FINAL

Evaluación de las Condiciones Oceanográficas durante la Actividad Productiva de Corpesca S.A. en Presencia Masiva de Cardúmenes de Anchoveta (*Engraulis ringens*) en Bahía Mejillones del Sur.

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

Director Ejecutivo: Carlos Merino Pinochet.

Director Científico: Jorge Oliva López.

Autores: Felipe Sanfuentes Santos.

Jorge Oliva López.

Diciembre - 2016.

RESUMEN EJECUTIVO

El análisis de las condiciones oceanográficas se realizó en mayo y junio de 2016 a bordo de las embarcaciones de servicio de Corpesca S.A. “Tucán II” y “Santa María” en la Bahía Mejillones del Sur. Se efectuaron 12 estaciones distribuidas en 3 transectas localizadas a 1 mn de la costa.

Durante el período de evaluación la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la columna de agua en Bahía Mejillones presentó un valor promedio de 3,46 mL O_2/L, con un valor mínimo de 0,36 mL O_2/L y un máximo de 7,15 mL O_2/L, evidenciándose que las concentraciones de OD se encontraron en el rango de valores habituales para la época del año, a pesar del alto consumo de oxígeno dentro de la bahía producto de la presencia masiva de cardúmenes de anchoveta y sus predadores.

La concentración de OD en la Bahía Mejillones en los períodos “Sin descarga” registró un valor promedio de 3,28 mL O_2/L, con una variación de 7,15 a 0,49 mL O_2/L en el gradiente de profundidad de 0 a 40 m, respectivamente. En cambio, durante los períodos “Con descarga”, la concentración de OD promedió 3,59 mL O_2/L, con un rango de concentración de OD en la columna de agua que varió desde 0,36 en 40 metros de profundidad hasta los 6,77 mL O_2/L en superficie.

En el período “Sin descarga”, las concentraciones de OD [mL O_2/L] en la columna de agua fueron menores a las concentraciones registradas en las mismas profundidades durante los períodos “Con descarga”. Estas concentraciones de OD medidas durante los períodos en que hubo actividad pesquera evidenciaron que este factor no influyó en la disminución de la concentración de OD en la columna de agua y las condiciones de aireación en la Bahía Mejillones se mantuvieron similares tanto en operación de pesca “Con descarga” como “Sin Descarga” de materia prima.

La mínima de oxígeno (ZMO) (bajo 1 mL O_2/L) se registró en la última quincena de mayo a 30 m de profundidad, con registros que fluctuaron de 0,89 a 0,51 mL O_2/L. Mientras que en la primera semana de junio la ZMO ascendió a los 20 m de profundidad, con un valor de 0,70 mL O_2/L y en la segunda semana de junio descendió a los 40 m de profundidad, con un registro de 0,39 mL O_2/L. Estas concentraciones si bien indican hipoxia están dentro de lo esperado para la zona de estudio, donde se pueden alcanzar registros por debajo de 1 mL O_2/L a profundidades aun menores que las encontradas en esta investigación.

Durante la ejecución del presente estudio, se evidenció que la concentración del OD presente en la columna de agua en Bahía Mejillones soportó la demanda de oxígeno requerida para la respiración

y otros procesos como la degradación de la materia orgánica de desecho, generado tanto por las agregaciones de anchoveta como por sus predadores y otros organismos presentes en la bahía, como también para el desarrollo de las actividades antrópicas.

El estudio se realizó durante el periodo de declinación de “El Niño 2015-2016”, cuando el Pacífico Sudoriental evidenciaba una reducción de las condiciones cálidas, con una disminución paulatina de las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), registrándose en la región El Niño 1+2, durante mayo-junio 2016, leves anomalías negativas.

Los resultados obtenidos durante la presente investigación deben ser tomados como una primera aproximación del comportamiento de la Bahía Mejillones ante eventos de carga masiva de organismos. Se recomienda repetir el monitoreo en condiciones de baja presencia de agregaciones de organismos hidrobiológicos en la Bahía Mejillones durante la operación pesquera con descarga y sin descarga de materia prima, lo cual permitirá detectar la influencia de la actividad productiva bajo ese nuevo régimen ecológico.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO.....3

ÍNDICE GENERAL.....5

INTRODUCCIÓN.....6

OBJETIVO GENERAL 7

METODOLOGÍA 7

RESULTADOS.....9

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 18

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....21

ANEXO I 23

INTRODUCCIÓN

La Bahía Mejillones del Sur (23°10'LS y 70°45'LW), es parte del centro de surgencia de Punta Angamos, localizado en la zona norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (Marín *et al*., 1993). Presenta una morfología cóncava abierta con dirección norte con profundidades que alcanzan hasta los 120 m en su parte externa más oceánica (Cerda *et al.*, 2010). Las condiciones físicas de la columna de agua, presentan cambios estacionales representados por un período frío y otro cálido, donde se observan las variaciones típicas de temperatura y concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua (Guiñéz *et al*, 2010).

Esta bahía además se encuentra bajo la influencia de la Zona de Mínimo Oxígeno (**ZMO**) que se ubica entre 60 y 500 m de profundidad frente a la costa de Mejillones (Strub *et al*., 1998). Al interior de la bahía se han registrado valores de oxígeno disuelto inferior a 1 mL O_2/L a partir de 50 m de profundidad (Navea & Miranda, 1980). Sin embargo, diversos autores encontraron variaciones estacionales en la **ZMO** dentro de la bahía, en donde su límite superior se ubica a menores profundidades (Escribano *et* al, 2000; Apablaza y Palma, 2006 y Guiñez *et al*, 2010).

En la zona norte de Chile, la anchoveta (*Engraulis ringens*) se distribuye dentro de las 60 mn de la costa, preferentemente dentro de las primeras 20 mn y estrechamente asociados a los focos permanentes de surgencia. (Barbieri *et al.*, 1995; Yáñez *et al*, 1995; Parada *et al*, 2013).

Los peces pelágicos como la anchoveta son especies altamente móviles y presentan cadenas tróficas cortas basadas en el plancton, tienen una alta tasa de crecimiento, fecundidad y mortalidad (Oliva y Sanfuentes, 2016). Además, su distribución espacial, biomasa y reclutamiento son fuertemente influenciados por factores ambientales (Parada *et al*, 2013).

La anchoveta, aprovecha la cantidad y calidad de los alimentos derivados de los primeros efectos de la surgencia, lo que permite a esta especie buscar y permanecer en sectores que presenten una alta productividad, como Bahía Mejillones. A principios de abril del 2016, se observó un aumento explosivo del recurso anchoveta seguido de episodios intermitentes de varazones dentro de la Bahía Mejillones que continuó hasta junio del mismo año.

El presente estudio contiene los resultados de la evaluación de las condiciones oceanográficas, con énfasis en la concentración del oxígeno disuelto en el mar durante la presencia masiva de peces en Bahía Mejillones del Sur, durante mayo – junio de 2016, con presencia y ausencia de actividad productiva pesquera.

OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones oceanográficas durante el proceso productivo de la planta pesquera de Corpesca Mejillones, en presencia masiva de anchoveta, dentro de la Bahía Mejillones del Sur.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

La zona de estudio se ubicó al interior de Bahía Mejillones (23°LS). Para el monitoreo de las condiciones oceanográficas se estableció una grilla de tres transectas con cuatro estaciones cada una, a una distancia de 500 metros entre cada transecta y estación, ubicadas en las cercanías de las cañerías y pontones de descarga pertenecientes a Corpesca S.A. (**Figs. 1 y 2**).

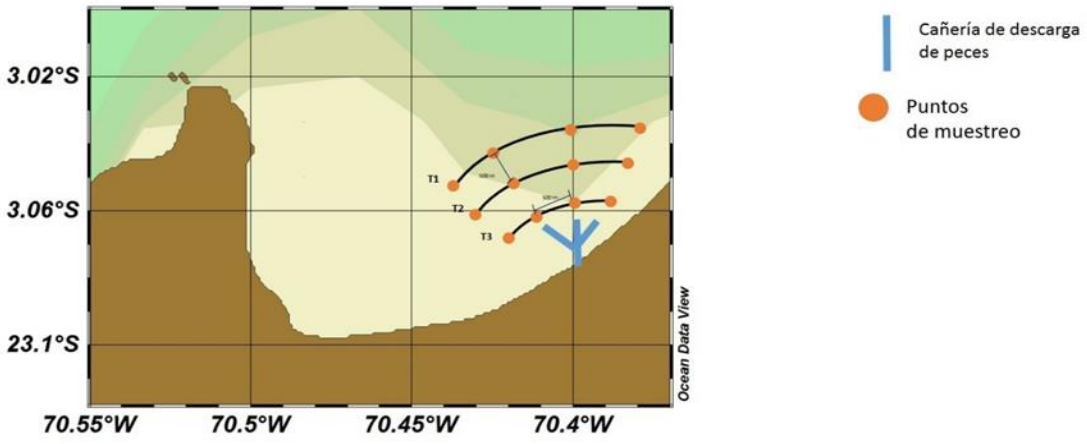


Figura 1. Ubicación referencial de las estaciones de muestreo en Bahía Mejillones.

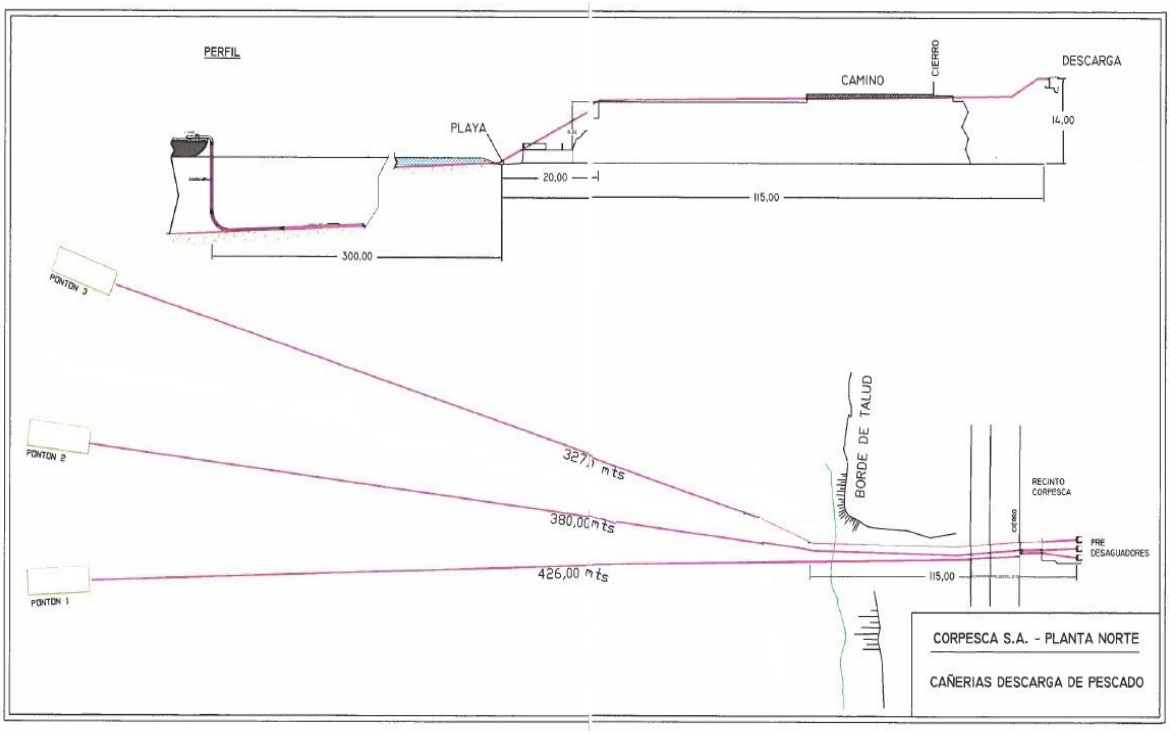


Figura 2: Vista lateral y superior de cañerías y pontones de descarga de pescado de Corpesca S.A. en Bahía Mejillones.

Plataforma de trabajo y programación de estaciones

Para el desarrollo del monitoreo se utilizaron como plataforma de trabajo las embarcaciones de servicio "Tucán II" y "Santa María" pertenecientes a Corpesca S.A. La **tabla 1** hace referencia al número total de transectas y estaciones analizadas, la duración en días y las fechas de inicio y término del programa de trabajo.

Tabla 1. Programación de estaciones realizadas durante mayo y junio 2016 en Bahía Mejillones.

Transectas	Estaciones	Tiempo (días)	Fecha inicio	Fecha término
3	12	5	23-05-2016	09-06-2016

Colección, tratamiento de muestras y registro de datos

En cada estación se colectaron muestras de la columna de agua mediante una botella oceanográfica Niskin de 1,2 L, a profundidades entre 0 y 40 m. La determinación de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**) [mL O_2/L] se determinó de acuerdo al método Winkler modificado por Carritt y Carpenter (1966) (Parsons *et al*., 1984). Los datos fueron registrados en una planilla de oxígeno disuelto para su posterior análisis.

RESULTADOS

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN BAHÍA MEJILLONES

1. Información Satelital

Durante fines de mayo y principios de junio de 2016, se observó una gran extensión de aguas cálidas y altas salinidades en la zona exterior de la costa del norte de Chile, con registros de temperatura superficial del mar sobre los 18°C y salinidades que sobrepasaron los 34,9 ups. En cambio, frente a la Bahía Mejillones en las primeras 10 mn, la **TSM** se mantuvo cercana a los 16°C y asociada a salinidades de 34,8 ups **(Figuras 3 y 4)**.

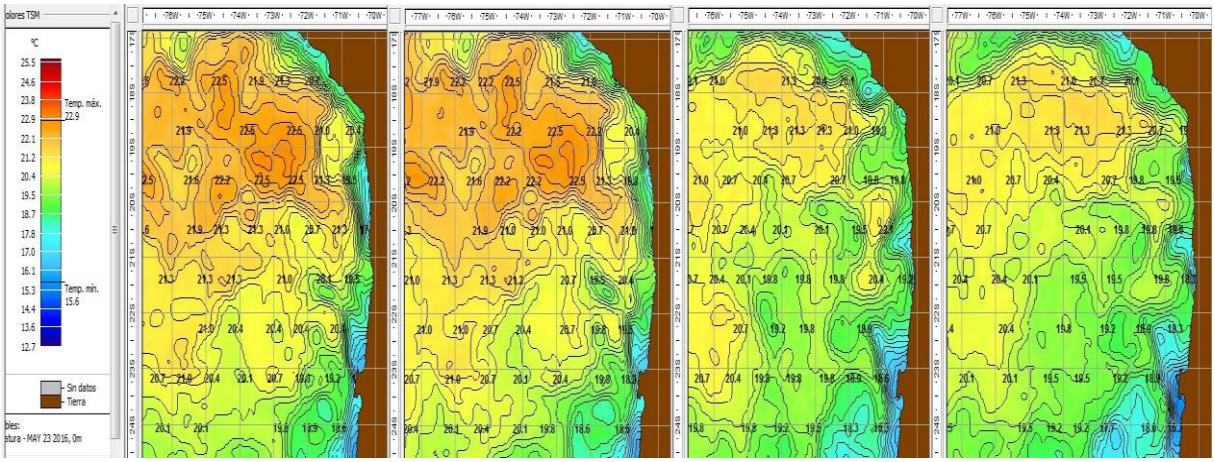


Figura 3. Imágenes satelitales de la evolución de la Temperatura Superficial del Mar (**TSM**) durante 23 y 25 de mayo y 04 y 09 de junio de 2016. Fuente: Seastar – Geoeye (USA).

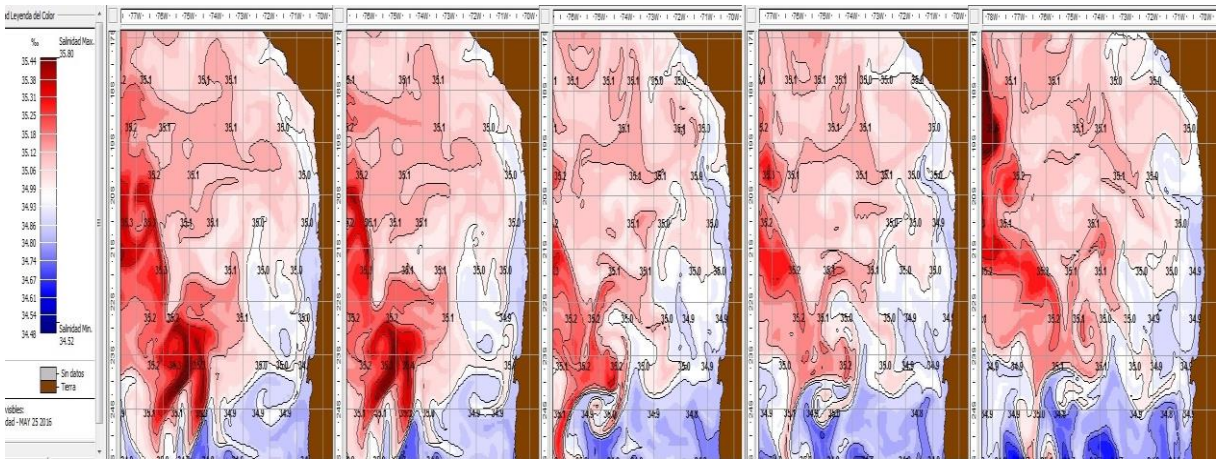


Figura 4. Imágenes satelitales de la evolución de la Salinidad (ups) durante el 23 y 25 de mayo y el 02, 04 y 09 de junio de 2016. Fuente: Sistema de Información Satelital Seastar – Geoeye (USA).

2. Concentración de Oxígeno Disuelto (OD) [mL O2/L] en la Columna de Agua

Durante el período de evaluación, la concentración de OD en la columna de agua en Bahía Mejillones presentó un valor promedio de 3,46 ± 1,72 mL O_2/L, con un valor mínimo de 0,36 mL O_2/L y un máximo de 7,15 mL O_2/L (**Tabla 2 y 3**).

Tabla 2. Concentración de oxígeno disuelto en Bahía Mejillones durante mayo-junio de 2016. Desvest: desviación estándar.

OD [mL O_2/L]			
Promedio	**Mínimo**	**Máximo**	**Desvest**
3,46	0,36	7,15	1,72

Tabla 3. Concentración del oxígeno disuelto (OD) [mL O_2/L] en Bahía Mejillones. Z (m): profundidad en la columna de agua en metros y Desvest: desviación estándar.

		OD [mL O_2/L]			
Fecha	**Z (m)**	**Promedio**	**Mínimo**	**Máximo**	**Desvest**
23-may	**0**	6,30	4,14	7,15	0,94
	-5	5,01	3,28	6,83	1,11
	-10	3,52	2,56	4,72	0,75
	-15	3,04	2,66	3,50	0,43
	-20	1,87	1,57	2,67	0,36
	-30	1,12	0,89	1,43	0,26
	-40	0,83	0,51	1,59	0,51
25-may	**0**	4,48	2,66	6,13	1,06
	-5	3,30	1,84	5,10	0,93
	-10	2,59	1,60	4,73	0,99
	-15	2,02	1,56	2,66	0,57
	-20	1,69	1,22	2,84	0,53
	-30	0,91	0,64	1,23	0,29
	-40	0,59	0,49	0,76	0,12
02-jun	**0**	4,20	2,70	5,90	1,01
	-5	3,94	1,11	5,39	1,07
	-10	2,99	1,39	4,11	0,88
	-15	2,19	1,63	2,66	0,52
	-20	1,14	0,70	1,76	0,36
	-30	0,80	0,44	1,05	0,26
	-40	0,43	0,36	0,46	0,05
04-jun	**0**	6,05	5,32	6,77	0,48
	-5	5,70	4,80	6,64	0,59
	-10	4,71	3,70	5,41	0,43
	-15	3,08	2,26	4,32	1,09
	-20	4,28	3,95	4,63	0,28
	-30	3,99	3,49	4,67	0,49
	-40	3,04	2,51	3,86	0,57
09-jun	**0**	3,74	2,55	4,59	0,76
	-5	3,51	2,26	4,14	0,56
	-10	3,32	2,49	4,14	0,53
	-15	2,41	2,66	2,66	0,22
	-20	2,41	1,40	3,70	0,77
	-30	1,70	1,32	2,23	0,42
	-40	0,81	0,39	1,10	0,30

La mínima de oxígeno (1 mL O_2/L) se ubicó preferentemente por debajo de los 30 m de profundidad a excepción del muestreo realizado el 04 de junio en que se observaron registros sobre la mínima de oxígeno en toda la columna de agua analizada (0 a 40 m), donde las mínimas y máximas concentraciones de OD oscilaron entre 2,51 ± 1,03 y 6,77 ± 1,03 mL O_2/L, respectivamente, con un promedio de 4,99 mL O_2/L (**Tabla 4 y Figura 5**).

Tabla 4. Concentración de oxígeno disuelto en la gradiente vertical (Z) en metros en Bahía Mejillones. Desvest: desviación estándar.

	OD [mL O_2/L]				
Días	**23 mayo**	**25 mayo**	**02 junio**	**04 junio**	**09 junio**
Promedio	3,82	2,73	2,80	4,99	2,98
Mínimo	0,51	0,49	0,36	2,51	0,39
Máximo	7,15	6,13	5,90	6,77	4,59
Desvest	2,04	1,50	1,61	1,03	1,06

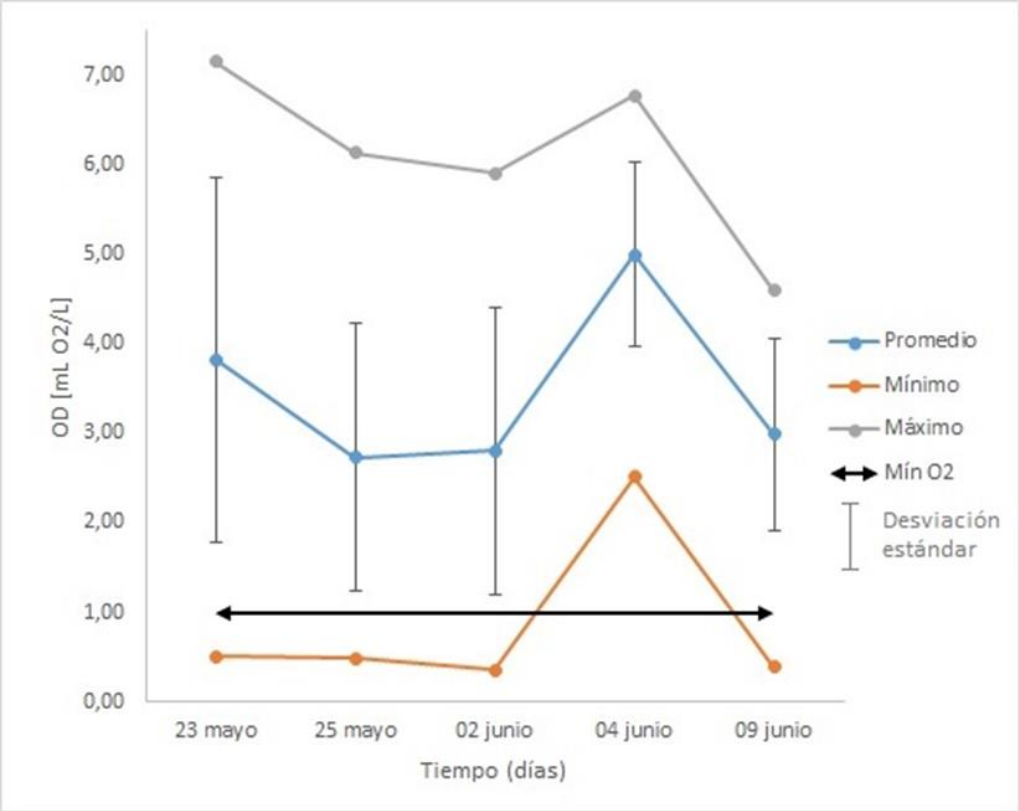


Figura 5. Concentración de la concentración de oxígeno disuelto (OD) [mL O_2/L] en Bahía Mejillones.

3. Concentración de Oxígeno Disuelto [mL O_2/L] en Transectas (T) Respecto a la Profundidad

Durante el período de estudio, el análisis de la concentración de oxígeno disuelto a diferentes profundidades indicó que aquellas transectas más alejadas de la costa presentaron una tendencia hacia el aumento de la concentración de OD a nivel superficial que varió entre transectas de 3,99; 5,26 y 5,61 mL O_2/L para T1, T2 y T3, respectivamente (**Tabla 5 y Fig. 6)**.

Tabla 5. Concentración de OD [mL O_2/L] respecto a la profundidad (z) en metros para cada transecta en Bahía Mejillones.

Transecta	Z (m)	OD [mL O_2/L]	
		Promedio	Desvest
T1	0	3,99	1,33
	-5	3,70	1,38
	-10	3,11	1,20
	-15	2,56	0,91
T2	0	5,26	1,12
	-5	4,48	1,17
	-10	3,55	1,02
	-20	2,51	1,19
	-30	1,70	1,26
T3	0	5,61	1,01
	-5	4,70	1,04
	-10	3,54	0,84
	-20	2,04	1,17
	-40	1,14	1,04

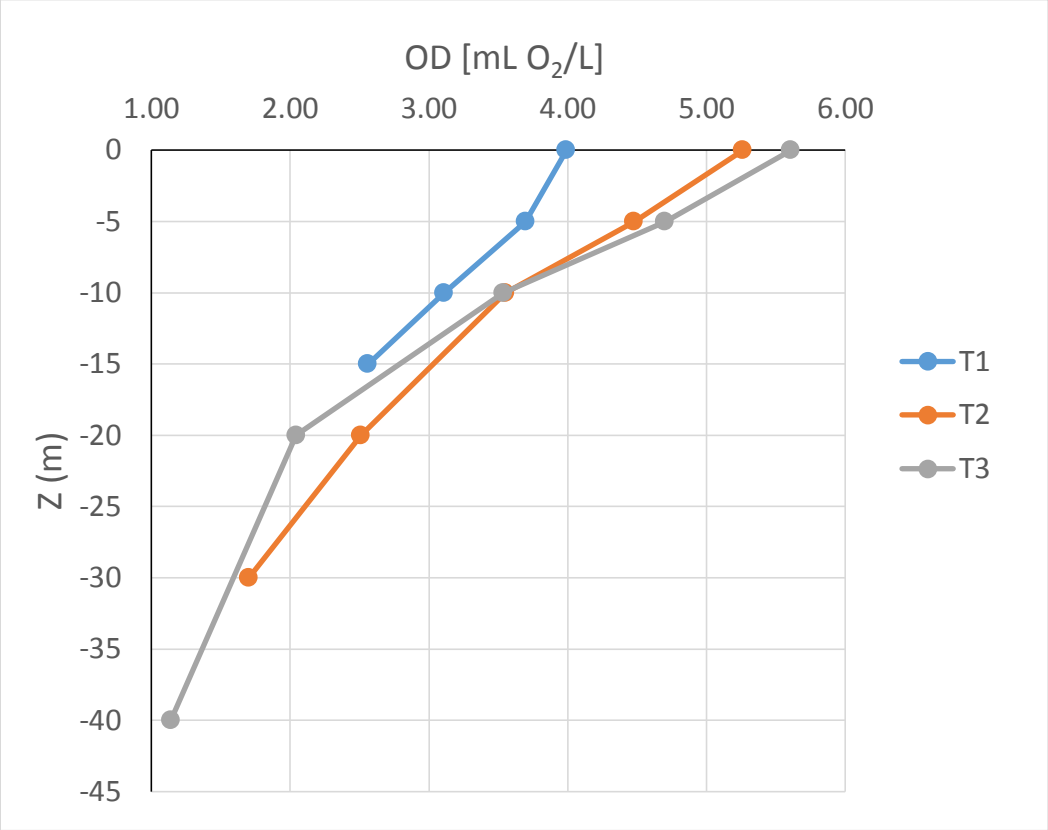


Figura 6. Concentración de OD [mL O_2/L] respecto a la profundidad (z) en metros para cada transecta en Bahía Mejillones.

4. Concentración de OD [mL O2/L] en la Columna de Agua Con y Sin Actividad Pesquera en Bahía Mejillones

En los períodos "Sin descarga" la concentración de OD [mL O_2/L] registró un valor promedio de 3,28 ± 1,87 mL O_2/L, con una variación de 7,15 a 0,49 mL O_2/L en el gradiente de profundidad de 0 a 40 m, respectivamente. En cambio, durante los períodos "Con descarga", la concentración de OD promedió 3,59 ± 1,45 mL O_2/L, con un rango de concentración de OD en la columna de agua que varió desde 0,36 en 40 metros de profundidad hasta los 6,77 mL O_2/L en superficie (**Tabla 6**).

Tabla 6. Concentración de OD [mL O_2/L] en la columna de agua durante períodos con y sin descarga de materia prima en Bahía Mejillones.

	OD [mL O_2/L]	
	Sin descarga	**Con descarga**
Promedio	3,28	3,59
Mínimo	0,49	0,36
Máximo	7,15	6,77
Desvest	1,87	1,45

Las concentraciones de OD [mL O2/L] en la Bahía Mejillones en los periodos sin operación pesquera ("Sin descarga" de materia prima) fueron menores a las concentraciones registradas a igual profundidad durante los períodos "Con descarga" (**Fig. 7**), exceptuando las concentraciones de OD superficiales (z = 0 metros), donde los valores registrados en los períodos "Sin descarga" fueron mayores(5,39 ± 1,35 mL O_2/L) a los "Con descarga" (4,66 ± 1,26 mL O_2/L) (**Tabla 7**).

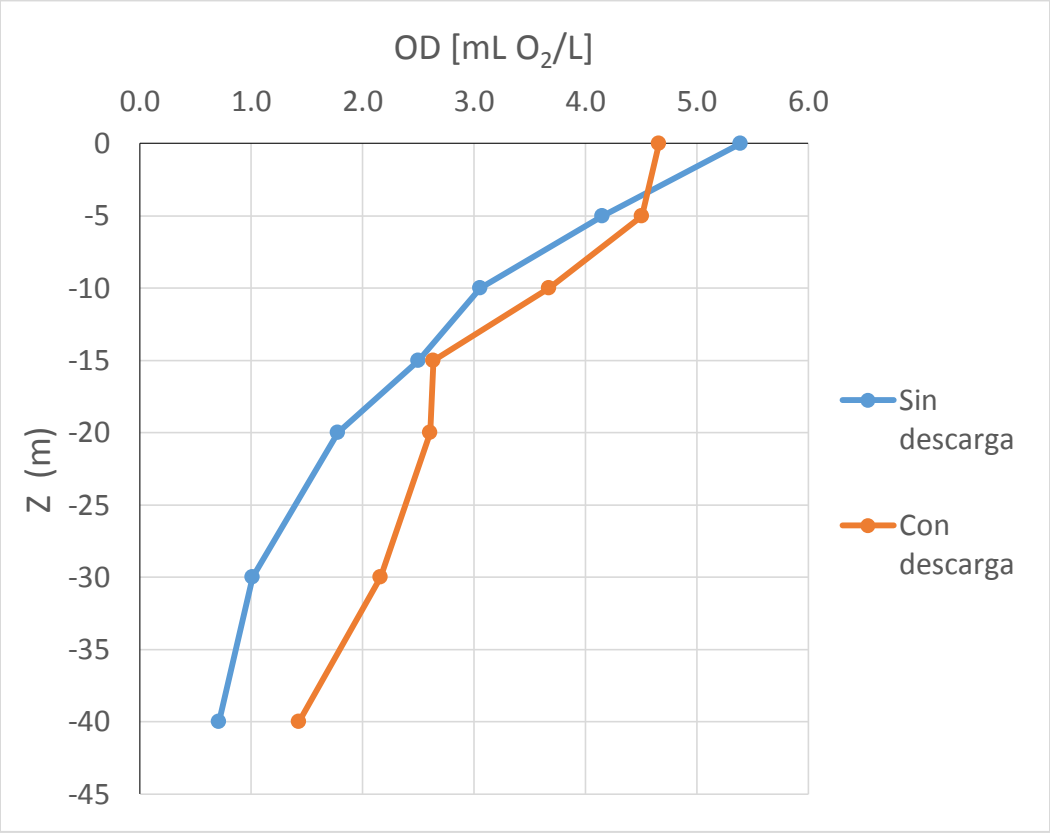


Figura 7. Concentración de OD [mL O_2/L] promedio respecto a la profundidad (z) en metros en períodos con descarga y sin descarga de materia prima en Bahía Mejillones.

Tabla 7. Concentración de OD [mL O_2/L] en un gradiente vertical (Z) en metros durante la faena con descarga y sin descarga de materia prima en Bahía Mejillones.

	OD [mL O_2/L]							
	Sin descarga				**Con descarga**			
Z (m)	**Promedio**	**Máximo**	**Mínimo**	**Desvest**	**Promedio**	**Máximo**	**Mínimo**	**Desvest**
0	5,39	7,15	2,66	1,35	4,66	6,77	2,55	1,26
-5	4,15	6,83	1,84	1,33	4,51	6,64	1,11	1,11
-10	3,05	4,73	1,60	0,98	3,67	5,41	1,39	0,98
-15	2,50	3,50	1,56	0,80	2,63	4,32	1,63	1,17
-20	1,78	2,84	1,22	0,45	2,61	4,63	0,70	1,41
-30	1,01	1,43	0,64	0,28	2,16	4,67	0,44	1,45
-40	0,71	1,59	0,49	0,37	1,43	3,86	0,36	1,25

La concentración de OD [mL O_2/L] en las transectas presentó diferencias entre los días evaluados, registrando valores mínimos por debajo de la mínima de oxígeno (1 mL O_2/L) el 23 y 25 de mayo ("Sin descarga") y 02 y 09 de junio ("Con descarga"). Durante el 4 de junio "Con descarga" se observó un aumento de los valores de OD en todas las transectas, donde las mínimas y máximas concentraciones de OD [mL O_2/L] oscilaron entre los 2,51 ± 1,29 y 6,71 ± 1,29 mL O_2/L, respectivamente (**Fig. 8**).

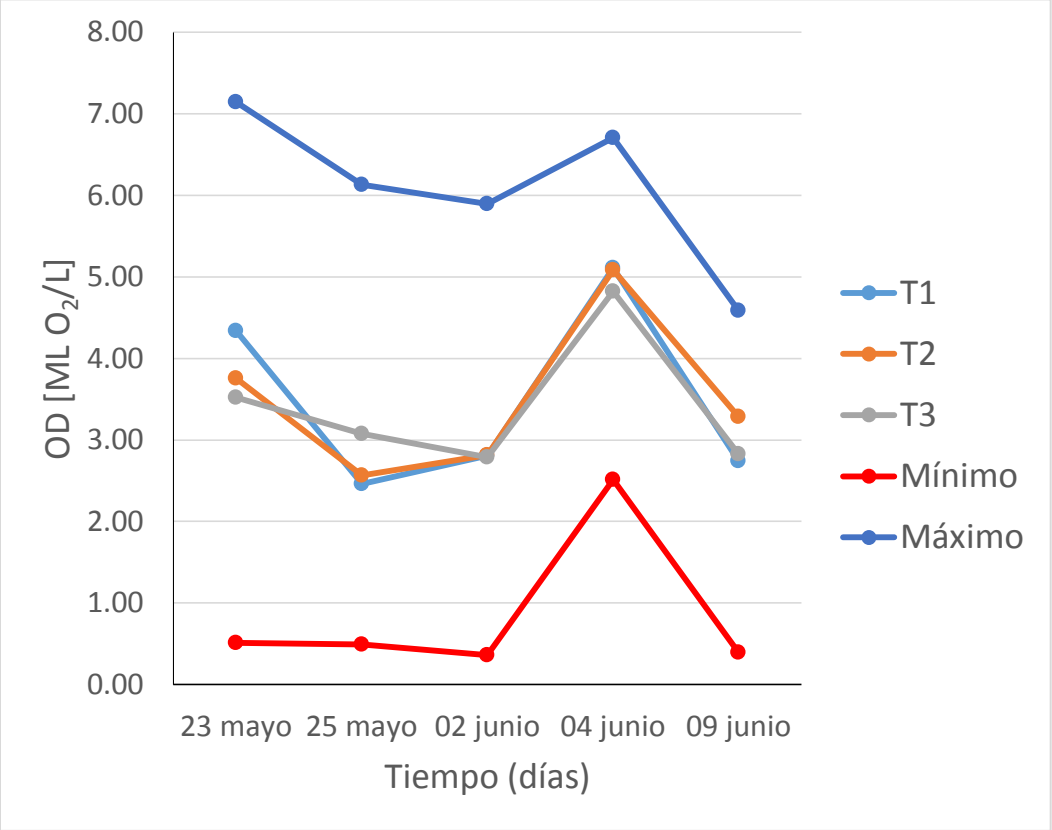


Figura 8. Concentración de OD [mL O_2/L] con los rangos máximos y mínimos para las transectas T1, T2 y T3 en Bahía Mejillones.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. Información Satelital

Durante fines de mayo y principios de junio de 2016, se observó una gran extensión de aguas cálidas y altas salinidades en la zona exterior de la costa del norte de Chile que mantuvo a los cardúmenes de anchoveta en las primeras millas náuticas de la costa.

Las características oceanográficas favorables evidenciadas en la zona costera (primeras 10 mn) frente a Bahía Mejillones permitió mantener masivas agregaciones de anchoveta, donde la **TSM** se mantuvo en el rango de 16 a 17°C y asociada a salinidades de 34,8 ups y menores, con ocurrencia de procesos de surgencia costeros que permitieron mantener la Bahía Mejillones altamente productiva.

2. Concentración de Oxígeno Disuelto [mL O_2/L] en la Columna de Agua

Durante el período de evaluación, la concentración de OD en la columna de agua en Bahía Mejillones, presentó un valor promedio de 3,46 ± 1,72 mL O_2/L, con un valor mínimo de 0,36 mL O_2/L y un máximo de 7,15 mL O_2/L. Valores similares fueron registrados por Braun (2015) y Braun y Herrera (2016) durante los meses de junio de 2015, y mayo-junio de 2016 (**Anexo I**), lo que indicaría que las concentraciones de OD en Bahía Mejillones se encontraban dentro de los registros habituales para la época del año, a pesar del alto consumo de oxígeno dentro de la bahía asociado a la presencia masiva de cardúmenes de anchoveta y sus predadores.

La concentración de OD [mL O_2/L] presentó diferencias entre los días evaluados, registrándose la mínima de oxígeno (**ZMO**) (bajo 1 mL O_2/L) en los días 23 y 25 de mayo a 30 m de profundidad con registros de 0,89 y 0,51 mL O_2/L, respectivamente. Mientras que el 02 de junio se ubicó a los 20 m de profundidad con un valor de 0,70 mL O_2/L y el 09 de junio la mínima de oxígeno se encontró a los 40 m de profundidad con un registro de 0,39 mL O_2/L (Anexo I). Estas concentraciones si bien indican hipoxia están dentro de lo esperado para la zona de estudio, ya que la Bahía Mejillones se caracteriza por encontrarse bajo la influencia de la **ZMO**, la cual puede alcanzar registros por debajo de los 1 mL O_2/L a menores profundidades.

3. Concentración de Oxígeno Disuelto [mL O_2/L] en Transectas respecto a la profundidad

La comparación entre cada transecta a igual profundidad, indicó un aumento de la concentración de OD a nivel superficial en la medida que éstas se alejan de la costa, con concentraciones superficiales para T1: 3,99 mL O_2/L; T2: 5,26 mL O_2/L y T3: 5,61 mL O_2/L, evidenciándose una profundización de la **ZMO** en zonas más distantes de la costa.

Los registros de cada transecta confirman lo descrito para la Bahía Mejillones, donde las concentraciones de OD están directamente relacionadas con los eventos de surgencia que ocurren, donde las aguas se caracterizan por presentar temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto bajas, con una alta cantidad de nutrientes (Braun y Herrera, 2016[a/b]).

Se observó que el aumento de la concentración de OD en el gradiente vertical de las transectas ubicadas por sobre el sistema de cañerías de descarga de materia prima de Corpesca S.A., se intensificó por el aporte de aireación entregada por los difusores instalados en ese sistema, lo que generaría una normalización de los valores de OD en la columna de agua.

4. Concentración de OD [mL O_2/L] en la Columna de Agua "Con y Sin Actividad Pesquera" en el Punto de Descarga de Materia Prima en la Bahía Mejillones

Durante la evaluación la concentración de OD en la Bahía Mejillones en períodos "Sin descarga", registró un valor promedio de 3,28 ± 1,87 mL O_2/L. El rango de las concentraciones en el gradiente vertical variaron entre 0,49 mL O_2/L a 40 metros y 7,15 mL O_2/L en superficie. En cambio, en períodos "Con descarga" la concentración de OD promedió 3,59 ± 1,45 mL O_2/L, con un rango de concentración de OD en la columna de agua que varió desde los 0,36 mL O_2/L a 40 metros de profundidad hasta los 6,77 mL O_2/L en superficie.

Durante el período "Sin descarga", las concentraciones de OD [mL O_2/L] en el eje vertical fueron menores comparadas con las concentraciones registradas en las mismas profundidades durante los períodos "Con descarga", tal como quedó señalado en la **figura 7**, la excepción fueron las concentraciones de OD registradas en superficie, en que los valores para los períodos "Sin descarga" fueron de 5,39 ± 1,35 mientras que "Con descarga" la concentración promedio registrada fue de 4,66 ± 1,26 mL O_2/L. Estas concentraciones de OD medidas durante los períodos en que

hubo actividad pesquera evidenciaron que este factor no influyó en la disminución de la concentración de OD en la columna de agua y las condiciones de aireación en la Bahía Mejillones se mantuvieron similares tanto “Con descarga” como “Sin Descarga” de materia prima.

5. Condiciones Oceanográficas Generales y su Relación con la Masiva Presencia de Especies Hidrobiológicas en la Bahía Mejillones

La evaluación de las condiciones oceanográficas durante mayo-junio de 2016 en Bahía Mejillones sugieren la influencia de Aguas del tipo Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), tal como reportaron Braun y Herrera (2016[a]), indicando que las concentraciones de OD estuvieron asociadas a la ocurrencia de procesos de surgencia costera, lo cual habría influenciado la columna de agua al menos hasta los 10 m de profundidad y a 1 mn de la costa, con una condición de mayor estabilidad generando una respuesta positiva de la comunidad fitoplanctónica, especialmente en el sector más cerrado de la bahía.

Durante la ejecución del presente estudio se evidenció que la concentración del OD presente en la columna de agua en Bahía Mejillones soportó la demanda de oxígeno necesaria para la respiración, y otros procesos como la degradación de la materia orgánica de desecho generado, tanto por las agregaciones de anchoveta como por sus predadores y otros organismos presentes en la bahía, como también para el desarrollo de las actividades antrópicas.

Esto refuerza que el varamiento de la anchoveta en las playas de Mejillones se atribuye a la presión predadora tanto de las aves como de los peces y mamíferos presentes en la bahía, tal como señalaron Oliva y Sanfuentes (2016), donde se evaluaron las condiciones oceanográficas y biológicas durante abril-junio de 2016 en la Bahía Mejillones, quienes indicaron que las varazones intermitentes de anchoveta en el litoral, se debieron principalmente a la acción de picoteo, caza emprendida por las aves y otros predadores, quienes empujaron e hirieron a las anchovetas provocando el acercamiento de éstas a la costa, las que finalmente vararon en la playa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apablaza, P y S. Palma. 2006. Efecto de la Zona de Mínimo Oxígeno Sobre la Migración Vertical de Zooplancton Gelatinoso en la Bahía de Mejillones. Investigaciones Marinas., 34(2): 81-95.

Barbieri, M., M. Bravo., M. Farías., A. González., O. Pizarro y E. Yañez. 1995. Fenómenos Asociados a la Estructura Térmica Superficial del Mar Observados a Través de Imágenes Satelitales en la Zona Norte de Chile. Investigaciones Marinas., 23: 99-122.

Braun, M. 2015. Seguimiento Mensual de la Condición del Recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con Énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y Larvas. Reporte N° 9. Centro de Investigación Aplicada del Mar CIAM S.A. Chile. 51 pp.

Braun, M y L. Herrera. 2016[a]. Seguimiento Mensual de la Condición del Recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con Énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y Larvas. Reporte N° 20. Centro de Investigación Aplicada del Mar CIAM S.A. Chile. 61 pp.

Braun, M y L. Herrera. 2016[b]. Seguimiento Mensual de la Condición del Recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con Énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y Larvas. Reporte N° 21. Centro de Investigación Aplicada del Mar CIAM S.A. Chile. 61 pp.

Cerda, M., B. Knoppers, J. Valdés, A. Fettah, L. Ortilieb & E. Sabadini-Santos. 2010 Variación Espacial y Temporal de las Masas de Agua, Nutrientes y Sedimentación de la Materia Orgánica e Inorgánica en la Bahía Mejillones del Sur (23°S), Chile. Revista Chilena de Historia Natural., 83:409-420.

Escribano, R., V. Marín y C. Irribarren. 2000. Distribution of *Euphausia mucronata* at the Upwelling Area of Península Mejillones, Northern Chile: The Influence of the Oxygen Minimum Layer. Scientia Marina. 64(1): 69-77.

Guíñez, M., J. Valdés y A. Siffedine. 2010. Variabilidad Espacial y Temporal de la Materia orgánica Sedimentaria, Asociada a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), en un Ambiente Costero del Norte de la Corriente de Humboldt, bahía de Mejillones, Chile. Lat. Am. J.Aquat. Res., 38(2): 242-253.

Marín, V., L. Rodriguez, L. Vallejo, J. Fuenteseca y E. Oyarce. 1993. Efectos de la Surgencia Costera sobre la Productividad Primaria Primaveral de Bahía Mejillones del Sur. (Antofagasta, Chile). Revista Chilena de Historia Natural., 66(4): 479 – 491.

Navea, A. y O. Miranda. 1980. Ciclo Anual de las Condiciones Oceanográficas en Mejillones del Sur (Chile). Revista de biología Marina., 17(1): 97-133.

Oliva, J. y F. Sanfuentes. 2016. Evaluación de la Condición Oceanográfica y Biológica en la Bahía Mejillones en la Zona Norte de Chile. Centro de Investigación Aplicada del Mar S.A. CIAM. Chile. 40 pp.

Parada, C., B. Yannicelli, S. Hormazábal, S. Vásquez, J. Porobic, B. Ernst, C. Gatica, M. Arteaga, A. Montecinos, S. Núñez y A. Gretchina. 2013. Variabilidad Ambiental y Recursos Pesqueros en el Pacífico Suroriental: Estado de la Investigación y Desafíos para el Manejo Pesquero. Latin American Journal of Aquatic Research. 41(1): 1-28.

Palma S. y P. Apablaza. 2004. Abundancia Estacional y Distribución Vertical del Zooplancton Gelatinoso Carnívoro en un área de Surgencia en el Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. Investigaciones Marinas., 32(1): 49-70.

Parsons, T., Y. Maita y C. Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergoamon Press. 173 pp.

Rodríguez, L. y R. Escribano. 1996. Bahía de Antofagasta y Bahía de Mejillones del Sur: Observaciones de la Temperatura, Penetración de la Luz, Biomasa y Composición Fitoplanctónica. Estud. Oceanol., 15: 75-85.

Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutllant y S. Salinas. 1998. Coastal Ocean Circulation off Western South America. Coastal Segment. En: A. R. Robinson y K. H. Brink (Eds.). The Sea,Vol. 11: 273-313.

Yáñez, E., A. González y M. Barbieri. 1995. Estructura Térmica Superficial del Mar Asociada a la Distribución Espacio-temporal de la Sardina y Anchoveta en la Zona Norte de Chile. Investigaciones Marinas., 23: 123-147.

ANEXO I

Tabla a. Registros básicos de la concentración de OD [mL O_2/L] en cada profundidad por estación y transecta durante la evaluación de las condiciones oceanográficas con y sin descarga de materia prima en Bahía Mejillones.

				Fecha				
				2016				
				Sin descarga		Con descarga		
				23 mayo	25 mayo	02 junio	04 junio	09 junio
Transecta	Estación	Coordenadas	z (m)	mL O_2/L				
T1	1	23°05,139'S 70°25,344'W	0	4,97	3,99	3,33	5,50	2,94
			-5	4,95	2,86	4,66	5,50	2,85
			-10	4,12	1,98	2,18	4,97	2,51
			-15	3,50	1,83	1,63	4,32	2,32
	2	23°05,266'S 70°25,629'W	0	4,14	4,26	3,00	5,72	2,55
			-5	3,28	2,94	4,37	5,09	3,09
			-10	2,82	1,75	2,79	3,70	2,49
			-15	2,66				
	3	23°05,324'S 70°25,944'W	0	6,42	2,66	2,85	5,32	2,77
			-5	6,17	1,84	3,15	5,19	2,26
			-10	4,72	1,60	2,47	5,41	3,14
			-15	2,95	1,56	2,26		
	4	23°05,093'S 70°26,033'W	0	5,46	2,67	2,70	5,78	2,77
			-5	4,55	2,05	1,11	4,80	3,24
T2	5	23°04,975'S 70°25,723'W	0	6,54	4,24	4,18	6,09	4,37
			-5	3,90	2,43	3,92	5,53	4,01
			-10	3,87	1,70	3,71	4,72	3,65
			-20	1,68	1,65	1,76	4,63	2,71
			-30	0,89	0,64	0,44	3,94	2,23
	6	23°04,872'S 70°25,401'W	0	6,63	4,44	4,36	6,53	4,22
			-5	4,24	3,55	4,51	6,21	3,97
			-10	2,86	1,80	4,11	4,83	3,40
			-20	2,67	1,99	1,59	4,11	2,14
			-30	1,22	0,71	1,05	3,88	1,84
	7	23°04,644'S 70°25,513'W	0	6,92	4,23	5,16	5,61	4,24
			-5	5,50	3,36	4,32	5,68	4,14
			-10	4,15	2,74	3,09	4,69	4,14
			-20	1,98	1,62	0,94	4,48	3,70
			-30	1,43	1,23	0,92	3,49	1,39
	8	23°04,700'S 70°25,700'W	0	6,88	5,30	4,83	6,77	3,68
			-5	6,83	3,62	4,04	6,48	3,36
			-10	4,05	3,45	1,39	4,80	3,88
			-20	1,97	1,58	1,15	4,58	3,28
			-30	0,92	1,08	0,78	4,67	1,32
T3	9	23°04,800'S 70°26,070'W	0	6,90	6,13	5,90	6,34	4,59
			-5	4,78	3,80	5,39	5,18	3,76
			-10	2,61	2,43	3,88	4,60	2,82
			-20	1,57	1,22	0,97	3,96	1,40
			-40	0,67	0,49	0,46	2,86	1,10
	10	23°04,800'S 70°26,300'W	0	7,15	5,22	4,46	5,97	4,02
			-5	4,13	4,18	3,39	6,22	3,91
			-10	3,03	3,49	2,13	4,53	3,53
			-20	1,60	1,25	0,70	3,95	1,77
			-40	0,55	0,59	0,36	2,94	0,93
	11	23°05,200'S 70°26,300'W	0	6,87	5,32	4,84	6,20	4,28
			-5	5,07	3,83	3,80	5,91	3,87
			-10	2,56	2,84	3,29	4,50	3,42
			-20	1,70	1,38	0,88	4,11	2,11
			-40	0,51	0,51	0,44	2,51	0,83
	12	23°05,500'S 70°26,200'W	0	6,76	5,32	4,74	6,71	4,44
			-5	6,71	5,10	4,63	6,64	3,71
			-10	3,89	4,73	3,88	5,04	3,52
			-20	1,76	2,84	1,11	4,43	2,14
			-40	1,59	0,76	0,45	3,86	0,39

Tabla b. Estadísticos básicos de la concentración del oxígeno disuelto (**OD**) **[**mL O_2/L**]** en Bahía Mejillones (Braun, 2015 - Braun y Herrera, 2016).

	OD [mL O_2/L]		
	Jun-2015	**May-2016**	**Jun-2016**
Mínimo	0,35	1,34	0,70
Máximo	5,18	6,10	6,14
Promedio	2,96	4,34	4,00
Desvest	1,67	1,42	1,79