

OBSERVACIONES AL PROCESO DE REVISIÓN DE LA RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANGAMOS Y SUS MODIFICACIONES

Fernanda Salinas Urzúa

Santiago, 26 de septiembre de 2022

Maria.salinas.u@uchile.cl

El Proyecto Central Termoelectrica Angamos y sus modificaciones han estado asociadas a variaciones significativas en:

1. La ubicación del punto de toma y descarga de la central,
2. La modificación en la ubicación de la estación de monitoreo de referencia o control,
3. La composición granulométrica de los sedimentos marinos,
4. La disminución en la profundidad de la columna de agua,
5. La composición y abundancia de las comunidades submareales y
6. Los parámetros de calidad de agua de mar en la Bahía de Mejillones.

Cada uno de los puntos y la observación asociada se desarrollará a continuación:

1. La ubicación del punto de toma y descarga de la central.

Tal como fue presentado en el informe, la ubicación del sifón y la descarga contempladas en el EIA fueron modificadas en la DIA (Fig. 1), estableciéndose en la zona de protección litoral y sin realizar una línea base asociada a esta modificación, manteniéndose los puntos de monitoreo asociados a la ubicación del sifón y la descarga fuera de la zona de protección litoral, evaluada en el EIA.

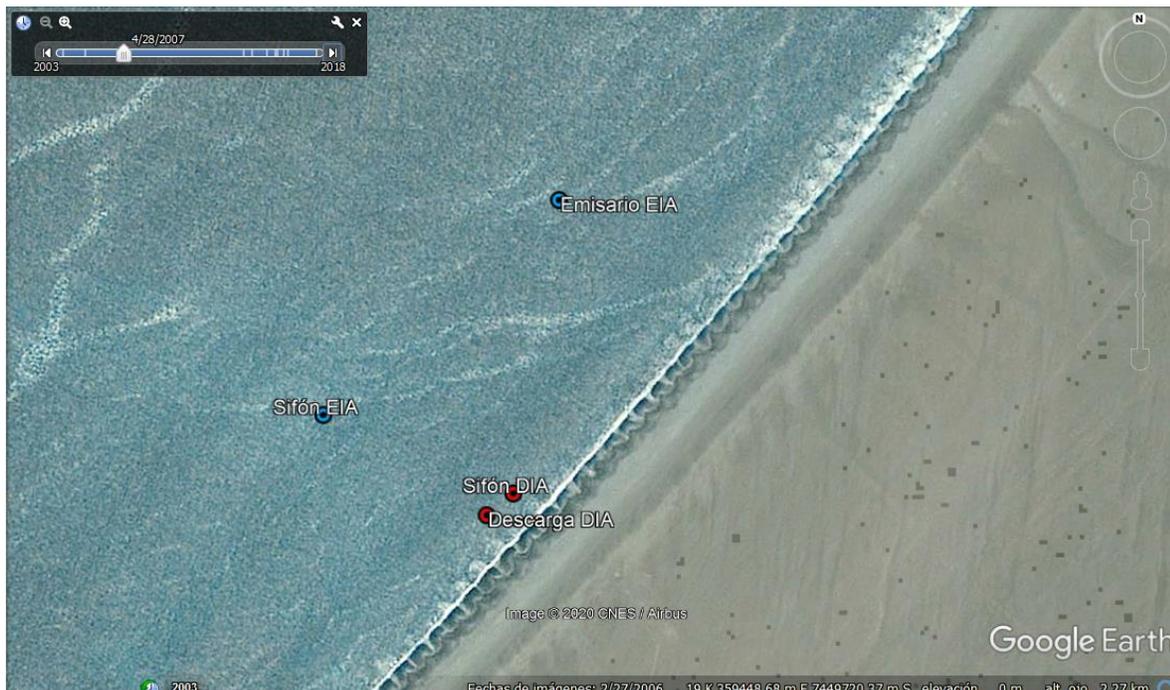


Figura 1. Imagen satelital del año 2007 donde se muestran los puntos de captación y descarga aprobados en el EIA (en celeste) y los puntos de captación y descarga aprobados en la DIA (en rojo). Elaboración propia a partir de los antecedentes del expediente de evaluación ambiental.

Observación 1: Dada la modificación en la ubicación del sifón y la descarga de la central, nuevos antecedentes ambientales deben ser recabados, que se relacionen con una adecuada caracterización del medio marino y las variaciones desde que se estableció este proyecto. Asimismo, debe revisarse la idoneidad ambiental de la autorización de que el sifón y la descarga de la central se ubiquen en la zona de protección litoral, así como también establecer medidas de mitigación, compensación y reparación sobre los efectos ambientales que se pueden haber generado como consecuencia de esta modificación.

Debe considerarse el agregar nuevos puntos de monitoreo a los ya establecidos, de manera de tener una caracterización más completa del medio marino.

2. La modificación en la ubicación de la estación de monitoreo de referencia o control.

La caracterización de las variables ambientales fuera del área de influencia del proyecto son fundamentales para el monitoreo en el tiempo del comportamiento del sistema, pudiendo así distinguir efectos generados por la actividad del proyecto de otros.

Los puntos de monitoreo en la línea base y en el seguimiento se encuentran en un área correspondiente a 0,1 millas náuticas cuadradas. El punto de monitoreo control en la línea base, correspondiente a SED-6 (control), se encuentra a 2,88 millas náuticas de los demás puntos de muestreo (Fig. 2).

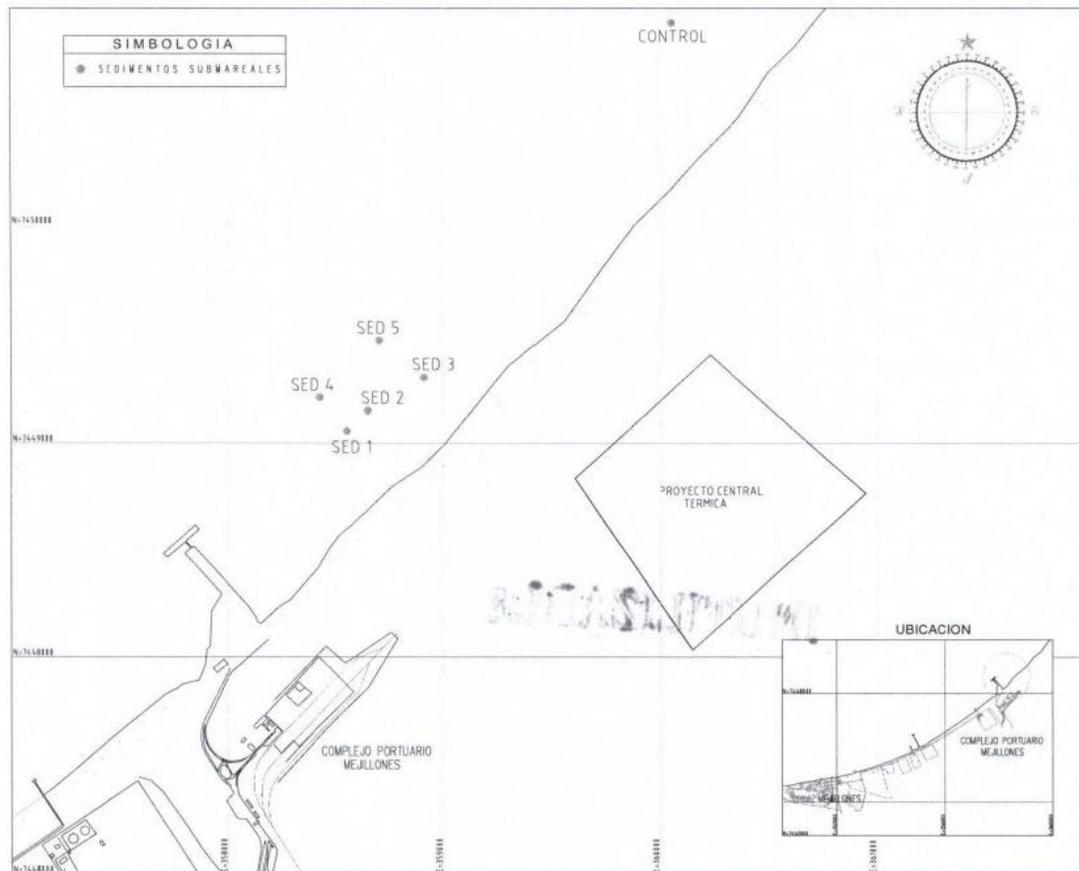


Figura 5.3.5.1: Ubicación de las estaciones del estudio de sedimentos submareales.

Figura 2. Ubicación de los 6 puntos de muestreo de sedimentos, del 1 al 5 en el área de influencia del proyecto, y el correspondiente al punto SED6 o control, se ubica fuera del área de influencia directa del proyecto. Fuente: Línea Base Medio Marino EIA Central Termoeléctrica Angamos (2006).

En los monitoreos siguientes, en los años 2014 y en el 2018, el punto control, CA-6, se realizó a 0,22 millas náuticas del punto de monitoreo más cercano (Fig. 3 y 4). Esta modificación en la ubicación del punto de monitoreo control, de acuerdo a nuestros antecedentes, no fue informada, ni mucho menos, autorizada por las autoridades respectivas.

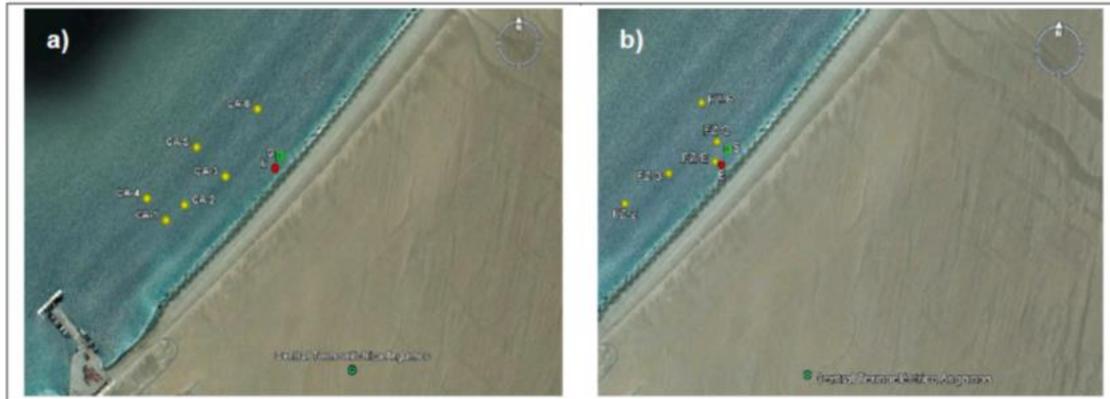


Figura 2.1. Ubicación de la red de estaciones de monitoreo: a) CA: muestras de agua, sedimento y macrofauna submareal de fondos blandos; b) FZ: muestras de fitoplancton, zooplancton e ictioplancton. Monitoreo Semestral del PVA Central Angamos. Bahía Mejillones del Sur, Región de Antofagasta. Marzo 2014. E: Emisario submarino de descarga de aguas de refrigeración; S: Sifón de captación.

Figura 3. Ubicación de la red de estaciones de monitoreo. A) Muestras de sedimento. Fuente: Monitoreo Semestral del PVA Central Angamos, Marzo 2014.

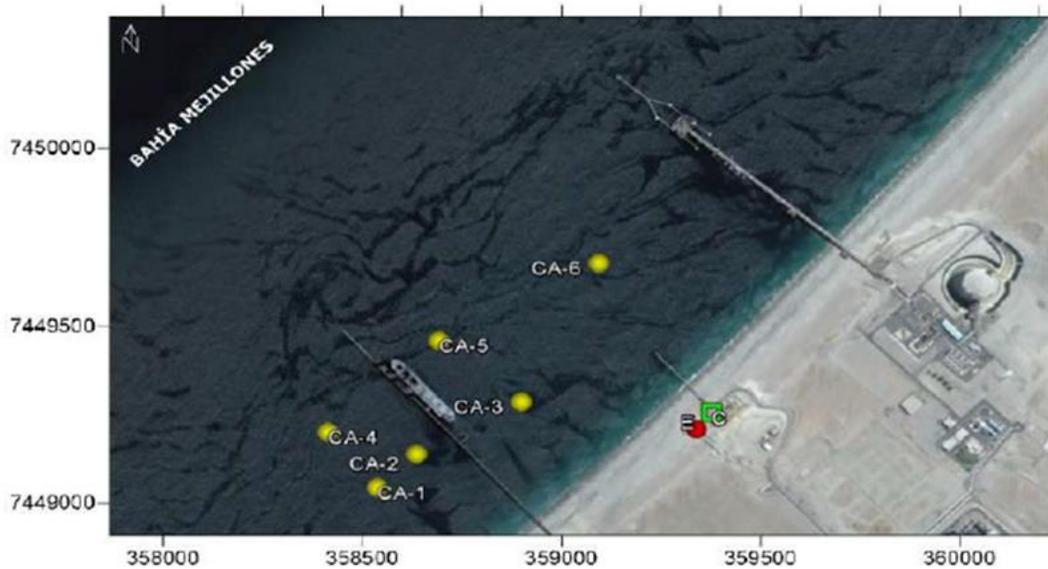


Figura 3.2. Red de estaciones de muestreo de agua, sedimentos y macrofauna submareal de fondos blandos. E: emisario submarino de descarga de aguas de refrigeración; C: sifón de captación.

Figura 4. Red de estaciones de muestreo de agua, sedimentos y macrofauna submareal de fondos blandos. E: emisario submarino de descarga de aguas de refrigeración; C: sifón de captación. Fuente: Informe Programa de Vigilancia Ambiental-Fase Operación Central Termoeléctrica Angamos. Monitoreo Agosto 2018. Campaña N°15.

Esta modificación en la ubicación de la estación de monitoreo control no permite tener antecedentes a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto que permitan establecer con certeza las modificaciones en las condiciones o variables que han sido consecuencia de la construcción y operación del proyecto de las que se deben a causas externas al proyecto.

La reubicación del punto control que se ha utilizado como referencia, originalmente a una distancia de 3,26 millas náuticas, o 6,03 km de las demás estaciones de muestreo, a una nueva ubicación localizada solo a 0,34 millas náuticas, o 632 metros de distancia de las demás estaciones de muestreo, y por lo tanto, inmersa en el área de influencia del proyecto, generan que las comparaciones que realiza el titular de las condiciones presentes entre las estaciones, considerando como una estación de referencia a SED-6, también llamada CA-6 o B-6 carezcan de validez. Esta modificación en la ubicación, de acuerdo a los antecedentes revisados, no fue informada ni autorizada por los organismos responsables.

Observación 2: La modificación en la ubicación de la estación de monitoreo control no fue justificada y debe ser reestablecida. Deben volver a realizarse los monitoreos y los análisis de la variación de las condiciones en esa ubicación y comparar los monitoreos con los resultados documentados en la línea base y el comportamiento que han tenido las distintas mediciones a lo largo del monitoreo en los otros puntos de muestreo. En caso de detectarse variaciones en los puntos de monitoreo en el área de influencia del proyecto que no son registrados en el punto control, deben establecerse las medidas de mitigación, compensación y reparación adecuadas frente a los impactos ambientales no previstos por la construcción y operación del proyecto.

3. La composición granulométrica de los sedimentos marinos.

A pesar de las limitaciones metodológicas de las mediciones realizadas por el titular del proyecto, ya que no realizó una caracterización adecuada en el medio marino en el área de influencia directa del proyecto, tanto en consecuencia de la modificación del sifón y el ducto de descarga y la ubicación de los puntos de monitoreo como con la modificación de la ubicación del punto control, se registraron variaciones significativas en la composición el tamaño de los sedimentos que conforman el fondo marino.

El fondo marino se ha vuelto homogéneo, siendo prevalentes las arenas muy finas y las arenas finas. Ya no se detectan diámetros mayores de arenas gruesas, muy gruesas, gránulos, cascajos y guijarros como los que estaban presentes el año 2006, cuando el proyecto fue evaluado.

Observación 3: Se observan variaciones sustantivas en la calidad del sedimento del medio marino en los puntos de monitoreo. Deben establecerse medidas de mitigación, compensación y reparación que permitan recuperar las condiciones del sedimento del medio marino que fueron registradas en la línea base.

4. Disminución en la profundidad de la columna de agua.

La homogenización de los sedimentos y ausencia de sedimentos de mayor tamaño va acompañada de una importante disminución en la profundidad de la columna de agua. Esta disminución, de dos o tres veces de la profundidad del fondo marino, siendo el año 2006 el rango de profundidades de 23 a 49 metros, para al año 2018 tener un rango de profundidad de 15 a 23 metros (Tabla 1).

Año	2006		2014	2018
Estación	Profundidad(m)	Estación	Profundidad(m)	Profundidad(m)
SED-1	23	CA-1	15	15
SED-2	34	CA-2	13	15
SED-3	26	CA-3	13	12
SED-4	41	CA-4	18	22
SED-5	42	CA-5	18	23
SED-6	49	CA-6	18	16
Promedio	35,8		15,8	17

Tabla 1. Profundidad de las estaciones de muestreo de sedimentos en la Línea Base del proyecto (2006), el monitoreo del año 2014 y el del año 2018. Se muestra también la profundidad promedio de las estaciones monitoreadas en cada año. Elaboración propia a partir de la información entregada por el titular.

En el muestreo del año 2014, la profundidad de las estaciones de muestreo se encontraban entre 13 metros de profundidad y 18 metros de profundidad. Las menos profundas, CA-2 y CA-3, con 13 metros, y las más profundas, CA-4, CA-5 y CA-6 con 18 metros cada una (Tabla 1). El año 2018, la profundidad de las estaciones fue de entre 12 y 23 metros de profundidad, siendo CA-3 la menos profunda, con 12 metros de profundidad, y CA-5 la más profunda, con 23 metros de profundidad (Tabla 1).

La disminución en la profundidad de la columna de agua, y por lo tanto, el estrato al que se encuentran los sedimentos del fondo marino, genera una gran modificación de los parámetros fisicoquímicos, como la temperatura y el oxígeno disuelto, limitando la abundancia de plancton vertical, que se distribuye principalmente entre los 0 y los 50 m de profundidad (Palma & Apablaza, 2004).

La disminución de la profundidad del fondo marino debido a un aumento en la sedimentación en el fondo marino de partículas finas puede afectar la composición comunitaria bentónica. Se ha documentado que incrementos en la tasa de sedimentación disminuyen la diversidad de la

comunidad bentónica y altera el ciclo de nutrientes, pudiendo también generar disminuciones en la productividad primaria (Chou, Yu, & Loh, 2004).

Observación 4: La disminución en la profundidad de la columna de agua detectada a lo largo de la operación del proyecto, da cuenta de una variación significativa. Deben establecerse las medidas de mitigación, compensación y reparación que permitan recuperar las condiciones ambientales que existían antes de la construcción y operación del proyecto.

5. La composición y abundancia de las comunidades submareales.

En la campaña de muestreo de la línea base del año 2006 la macrofauna bentónica caracterizada contó con un total de 56 especies, con moluscos (34% del total de especies), poliquetos (32% del total de especies), crustáceos (29% del total de especies), y anthozoos, nemátodos y ofiuroides (estos tres grupos corresponden al 6% del total de las especies). El monitoreo de agosto del 2018 registró en cambio un total de 51 especies, donde predominan las especies de poliquetos (41% del total de especies) y moluscos (39% del total de especies), mientras que crustáceos descienden (18% del total de especies) y equinodermos alcanzan el 2% del total de las especies (Fig. 5).

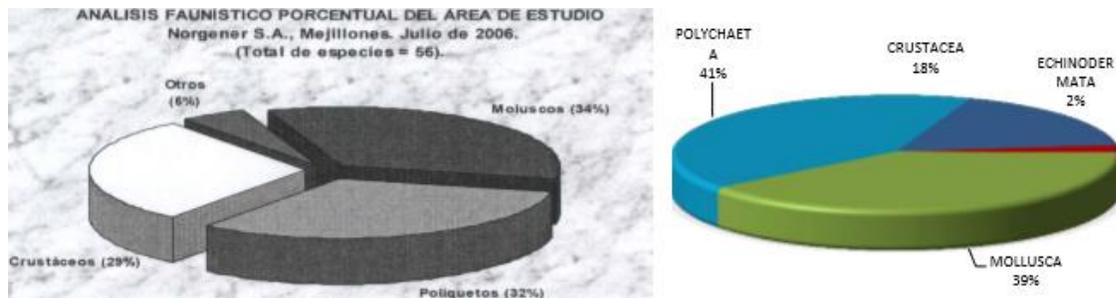


Figura 5. Composición taxonómica de macrofauna bentónica en los muestreos realizados en las seis estaciones de monitoreo en la línea base el año 2006 y en el monitoreo como parte del plan de seguimiento de variables ambientales del año 2018.

En la línea base realizada el año 2006, se reconocen especies que podrían ser indicadoras de contaminación en las estaciones de muestreo (Tabla 2). En este informe se evaluó la presencia de estos taxa al año 2018, y se reconoce la ausencia en todas las estaciones de *Pagutistes weddelli*, *Eurypanopeus crenatus*, *Nephtys ferruginea*, *Antozoa*, *Eurhomalea rufa*, *Spiophanes bombyx*, *Goniada uncinigera*, *Nephtys impressa* y *Aulacomya atra* (Tabla 3).

Tabla 5.3.7.5

Listado de Posibles Especies Indicadoras de Contaminación (Clase Geométrica V y VI) para las Estaciones Muestreadas en el Presente Estudio. Norgener S.A, Mejillones. Julio de 2006. (Clase Geométrica V = 16 a 31 ind/m²; Clase Geométrica VI = 32 a 63 ind/m²).

ESTACIÓN B-1	ESTACIÓN B-2	ESTACIÓN B-3
<i>Crepidula dilatata</i> ★ → <i>Paguristes weddelli</i> → <i>Eurypanopeus crenatus</i> → <i>Nephtys ferruginea</i> <i>Sthenelais helenae</i> ★ → Anthozoa Lumbrineridae	→ <i>Eurhomalea rufa</i> <i>Priene scabrum</i> ★ → <i>Eurypanopeus crenatus</i> → <i>Spiophanes bombyx</i> <i>Sthenelais helenae</i> ★ Phoxocephalidae Lumbrineridae Onuphidae Orbiniidae	→ <i>Goniada uncinigera</i> → <i>Nephtys impressa</i>
ESTACIÓN B-4	ESTACIÓN B-5	ESTACIÓN B-6 (Control)
-	→ <i>Aulacomya ater</i> → <i>Eurhomalea rufa</i> <i>Linucula pisum</i> ★ <i>Betaeus cf. truncatus</i> ★ Phoxocephalidae Cirripedia Ophiuroidea Lumbrineridae	→ <i>Goniada uncinigera</i> → <i>Nephtys impressa</i>

Tabla 2. Listado de posibles especies indicadoras de contaminación para las estaciones muestreadas en julio 2006 como parte de la línea base. En este informe, se evalúa su presencia al año 2018 en las Tablas 4.36-41 y se reconoce con una flecha las que no son registradas y con una estrella las que sí son registradas.

N°	Taxa del 2006 ausentes al 2018
1	Antozoa
2	<i>Atrimitra orientalis</i> (sin: <i>Mitra orientalis</i>)
3	<i>Aulacomya atra</i>
4	<i>Eurhomalea rufa</i>
5	<i>Eurypanopeus crenatus</i>
6	<i>Goniada uncinigera</i>
7	<i>Hemipodia simplex</i>
8	Nematoda
9	<i>Nephtys ferruginea</i>
10	<i>Nephtys impressa</i>
11	<i>Pagurus edwardsii</i>
12	<i>Pagutistes weddelli</i>
13	<i>Plathynereis australis</i>
14	<i>Spiophanes bombyx</i>

Tabla 3. Lista no exhaustiva de los taxa registrados en la línea base del año 2006 ausentes en el muestreo de agosto 2018.

Entre estas, destaca la desaparición de especies con importancia comercial, como *Eurhomalea rufa*, la almeja, y *Aulacomya atra*, la cholga. Se hizo además la revisión de la mantención de las especies de la comunidad que caracterizaron a la estación B-5 en el muestreo del año 2006, reconocidas en la línea base por estar en buen estado, y donde se registran taxa que no son registrados en las demás estaciones. Al comparar con el informe del 2018, no se registró *Atrimitria orientalis* (sin: *Mitra orientalis*), *Pagurus edwardsii*, *Hemipodia simplex*, *Plathynereis australis*, Nematoda, Capitellidae, Ophelidae y Pisionidae.

Mientras la abundancia promedio de las especies en las estaciones alcanza un promedio de 3.170 individuos, con una biomasa de 174,40 para *Alia unifasciata* (sin: *Mitrella unifasciata*) en la estación B-1 en el año 2006 (Tabla 4, Estación B-1), para el año 2018 la mayor abundancia registrada para esta especie es de 123 individuos, en la estación CA-6, con una biomasa de 29,72 (Tabla 5, Estación CA-6). Otro grupo taxonómico que fue muy frecuente el año 2006 fueron los Anthozoos, con 405 individuos, y una biomasa de 1.050 (Tabla 4), mientras que este grupo estuvo totalmente ausente en el muestreo de 2018 (Tabla 5). Por último, otra especie que fue frecuente el 2006 fue *Nassarius gayi*, con 355 individuos y una biomasa de 25,2 (Tabla 4, Estación B-1), mientras que el año 2018 se registró un máximo de ocho individuos y una biomasa de 1,73 (Tabla 5, Estación CA-1).

Tabla 5.3.7.1

Listado de Especies Encontradas en el Área de Estudio, por Estación. Norgener S.A., Mejillones Julio de 2006. Se Incluyen entre Paréntesis las Desviaciones Estándar.

ESTACIÓN B-1				
		ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Moluscos				
<i>Aulacomya ater</i>		10	0,120	0,021
<i>Cancellaria buccinoides</i>		100	2,900	0,128
<i>Crepidula dilatata</i>		40	0,170	0,063
<i>Crucibulum quiriquinae</i>		15	13,050	0,029
<i>Mitrella unifasciata</i>		3170	174,40	0,314
<i>Nassarius gayi</i>		355	25,20	0,300
<i>Priene scabrum</i>		5	0,150	0,011
<i>Semimytilus algosus</i>		5	0,008	0,011
<i>Xanthochorus buxea</i>		10	0,250	0,021
<i>Fissurella sp.</i>		5	0,100	0,011
<i>Chiton c.f. cumingsi</i>		5	0,050	0,011
<i>Chiton sp.</i>		5	0,050	0,011
Crustáceos				
Gammaridae		5	0,010	0,011
Phoxocephalidae		15	0,020	0,029
<i>Paguristes weddelli</i>		20	0,100	0,036
<i>Pagurus villosus</i>		85	0,170	0,113
<i>Pinnixa transversalis</i>		5	0,200	0,011
<i>Betaeus sp.</i>		15	0,250	0,029
<i>Eurypanopeus crenatus</i>		50	0,450	0,076
<i>Eurypodius latreillei</i>		5	0,050	0,011
Cirripedia		5	0,150	0,011
Celenterados				
Anthozoa		55	0,160	0,081
Poliquetos				
<i>Lumbrinereis tetraura</i>		15	0,020	0,029
Lumbrineridae		35	0,350	0,057
<i>Nephtys ferruginea</i>		35	0,040	0,057
<i>Nereis callaona</i>		5	0,010	0,011
Onuphidae		140	4,050	0,162
<i>Sthelenaia helenae</i>		25	0,100	0,044
	TOTAL	4240	222,578	
				H' 1.702 (0.354)
				J' 0.112 (0.026)
				S 28

Tabla 5.3.7.1 Continuación

ESTACIÓN B-2			
	ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Moluscos			
<i>Argopecten purpuratus</i>	5	0,15	0,049
<i>Aulacomya ater</i>	5	0,1	0,049
<i>Eurhomalea rufa</i>	20	1,8	0,142
<i>Linucula pissum</i>	10	0,4	0,084
<i>Nuculana cuneata</i>	5	0,2	0,049
<i>Aenator fontainei</i>	5	0,3	0,049
<i>Cancellaria buccinoides</i>	10	1,35	0,084
<i>Mitrella unifasciata</i>	210	21,6	0,516
<i>Nassarius gayi</i>	235	33,5	0,526
<i>Priene scabrum</i>	60	27,55	0,295
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	5	0,02	0,049
Crustáceos			
Caprellidae	5	0,01	0,049
Crustacea	5	0,02	0,049
<i>Eurypanopeus crenatus</i>	25	0,13	0,166
<i>Eurypodius latreillei</i>	5	0,02	0,049
<i>Pagurus villosus</i>	10	0,05	0,084
Phoxocephalidae	60	0,04	0,295
<i>Pilumnoides perlatus</i>	5	0,1	0,049
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	10	1,35	0,084
Celenterados			
Anthozoa	125	1,55	0,435
Poliquetos			
<i>Lumbrinereis sp.</i>	10	0,01	0,084
<i>Lumbrinereis tetraura</i>	65	0,15	0,309
Lumbrineridae	30	0,04	0,188
<i>Nephtys ferruginea</i>	5	0,01	0,049
<i>Nephtys impressa</i>	5	0,01	0,049
<i>Nereis callaona</i>	5	0,005	0,049
Onuphidae	55	2,7	0,280
Orbiniidae	20	0,01	0,142
Polychaeta	5	0,35	0,049
Spionidae	5	0,005	0,049
<i>Spiophanes bombyx</i>	20	0,01	0,142
<i>Sthelenais helenae</i>	25	0,3	0,166
TOTAL	1070,0	93,840	
		H'	4.709 (0.012)
		J'	0.942 (0.010)
		S	32

Tabla 5.3.7.1 Continuación

ESTACIÓN B-3			
	ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Poliquetos			
Crustacea	5	0,005	0,250
Poliquetos			
<i>Goniada uncingera</i>	30	0,015	0,531
<i>Nephtys ferruginea</i>	5	0,005	0,250
<i>Nephtys impressa</i>	40	0,055	0,500
TOTAL	80	0,080	
			H' 0,137 (0,732)
			J' 0,765 (0,136)
			S 4

ESTACIÓN B-4			
	ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Moluscos			
<i>Mitrella unifasciata</i>	135	6,250	0,504
Crustáceos			
<i>Pagurus villosus</i>	15	0,100	0,229
<i>Pinnixa transversalis</i>	5	0,050	0,105
Equinoideos			
Ophiuroidea	10	0,030	0,174
Poliquetos			
<i>Goniada uncingera</i>	5	0,005	0,105
<i>Nephtys ferruginea</i>	75	0,055	0,511
Spionidae	15	0,005	0,229
<i>Sthelena helenae</i>	5	0,005	0,105
Onuphidae	10	0,050	0,174
TOTAL	275	6,550	
			H' 2,136(0.399)
			J' 0,674 (0,006)
			S 9

Tabla 5.3.7.1 Continuación

ESTACIÓN B-5			
	ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Moluscos			
<i>Aulacomya ater</i>	60	0,700	0,108
<i>Eurhomalea rufa</i>	20	0,375	0,046
<i>Linucula pissum</i>	55	1,400	0,101
<i>Aenator fontainei</i>	5	18,60	0,015
<i>Cancellaria buccinoides</i>	10	0,800	0,026
<i>Crepidula dilatata</i>	10	0,150	0,026
<i>Crucibulum quiriquinae</i>	10	0,300	0,026
<i>Mitra orientalis</i>	5	0,020	0,015
<i>Mitrella unifasciata</i>	1335	122,75	0,526
<i>Nassarius gayi</i>	110	12,00	0,168
<i>Priene scabrum</i>	285	103,55	0,312
<i>Fissurella sp.</i>	10	0,350	0,026
<i>Chiton sp.</i>	15	0,170	0,036
Crustáceos			
Phoxocephalidae	20	0,025	0,046
<i>Pagurus edwardsi</i>	5	0,040	0,015
<i>Pagurus villosus</i>	95	0,250	0,151
<i>Eurypanopeus crenatus</i>	145	2,800	0,203
<i>Eurypodius latreillei</i>	5	7,100	0,015
<i>Pilumnoides perlatus</i>	5	0,050	0,015
<i>Betaeus c.f truncatus</i>	60	0,600	0,108
<i>Betaeus sp.</i>	10	0,155	0,026
Caprellidae	5	0,005	0,015
Cirripedia	25	3,900	0,055
Anthozoa	405	1,050	0,379
Equinoideos			
Ophiuroidea	35	0,045	0,072
Nemátodos			
Nematoda	5	0,050	0,015
Poliquetos			
Capitellidae	10	0,005	0,026
<i>Hemipodus simplex</i>	5	0,005	0,015
<i>Lumbrinereis tetraura</i>	95	0,125	0,151
Lumbrineridae	50	0,010	0,094
<i>Nephtys ferruginea</i>	5	0,020	0,015
Onuphidae	175	10,800	0,230
Opheliidae	10	0,010	0,026
Pisionidae	5	0,005	0,015
<i>Platynereis australis</i>	5	0,005	0,015
<i>Sthelenais helenae</i>	70	0,650	0,121
TOTAL	3180	288,870	
		H'	3,252 (0,277)
		J'	0,629 (0,075)
		S	36

Tabla 5.3.7.1 Continuación

ESTACIÓN B-6 (Control)			
	ABUNDANCIA	BIOMASA	H'
Moluscosos			
<i>Nassarius gayi</i>	10	0,950	0,278
Crustáceos			
Crustacea	15	0,020	0,352
<i>Orchestia sp.</i>	5	0,005	0,176
Phoxocephalidae	10	0,005	0,278
Poliquetos			
<i>Goniada uncingera</i>	45	0,040	0,528
<i>Nephtys ferruginea</i>	10	0,005	0,278
<i>Nephtys impressa</i>	30	0,030	0,482
Orbiniidae	10	0,005	0,278
TOTAL	135	1,060	
		H'	2.652 (0.098)
		J'	0.884 (0.042)
		S	8

Tabla 4. Lista de especies, abundancia, biomasa, H' por especie, H' por muestra, J' y S de la macrofauna submareal en las estaciones de muestreo de la línea base. Julio 2006.

Tabla 4.36. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-1

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Heterophoxus oculatus</i>	-	-	1	0,01	1	0,01
<i>Cycloanthops bocki</i>	2	0,17	-	-	2	0,14
<i>Diogenes edwardsi</i>	-	-	1	0,01	5	0,08
<i>Pinnixa bahamondei</i>	3	0,12	2	0,05	-	-
Echinodermata						
<i>Amphioplus magellanicus</i>	-	-	7	0,27	6	0,44
Mollusca						
<i>Semimytilus algosus</i>	-	-	1	0,03	-	-
<i>Aeneator fontainei</i>	-	-	1	19,74	-	-
<i>Calyptrea sp.1</i>	5	0,19	-	-	-	-
<i>Crepidatella dilatata</i>	1	<0,01	-	-	3	0,05
<i>Alia unifasciata</i>	46	4,57	64	15,25	241	20,24
<i>Nassarius gayi</i>	5	0,62	9	1,06	10	1,68
<i>Salitra radwini</i>	-	-	1	0,01	-	-
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	-	-	-	-	1	0,81
Chitoniidae sp.2	-	-	1	0,05	-	-
Polychaeta						
<i>Diopatra chiliensis</i>	-	-	-	-	1	0,09
Lumbrineridae sp.2	-	-	-	-	1	<0,01
<i>Harmothoe sp.1</i>	-	-	-	-	1	0,04

Tabla 4.36 (Cont.) Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-1

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Polychaeta						
<i>Nephtys</i> sp.2	3	0,04	5	0,09	4	0,07
<i>Paraprionospio pinnata</i>	23	0,54	12	0,21	14	0,26

Tabla 4.37. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-2.

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Cycloxanthops bocki</i>	1	0,05	-	-	-	-
<i>Diogenes edwardsii</i>	-	-	2	0,05	2	0,08
Echinodermata						
<i>Amphioplus magellanicus</i>	-	-	2	0,08	-	-
Mollusca						
<i>Crepidatella dilatata</i>	1	0,03	-	-	-	-
<i>Crucibulum lignarium</i>	1	49,06	-	-	1	20,25
<i>Alia unifasciata</i>	19	2,07	19	2,28	1	0,07
<i>Nassarius gayi</i>	3	0,56	8	1,74	5	1,45
<i>Priene scabrum</i>	-	-	-	-	4	32,65
<i>Salitra radwini</i>	1	0,02	-	-	-	-
<i>Xanthochorus buxea</i>	-	-	-	-	1	2,57
Polychaeta						
<i>Diopatra chiliensis</i>	1	0,22	1	0,22	1	0,11
Lumbrineridae sp.2	-	-	1	0,04	-	-
<i>Harmothoe</i> sp.1	2	0,02	-	-	-	-
<i>Nephtys</i> sp.2	6	0,11	8	0,07	9	0,19
<i>Nereis</i> sp.1	-	-	-	-	1	<0,01
<i>Sthelenaïs helenae</i>	-	-	10	0,03	-	-
<i>Leitoscoloplos</i> sp.1	2	0,01	-	-	-	-
<i>Paraprionospio pinnata</i>	24	0,42	14	0,09	33	0,35
Spionidae sp.3	11	0,01	1	<0,01	7	0,01
<i>Travisia</i> sp.1	-	-	-	-	1	0,02

Tabla 4.38. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-3

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Eudevenopus gracilipes</i>	-	-	-	-	1	<0,01
<i>Heterophoxus oculus</i>	-	-	-	-	1	<0,01
<i>Betaeus truncatus</i>	-	-	1	0,21	2	0,07
<i>Eurypanopeus</i> sp.1	-	-	-	-	6	0,89
<i>Pseudocorystes sicarius</i>	-	-	1	<0,01	-	-
Echinodermata						
<i>Amphiplus magellanicus</i>	-	-	-	-	2	0,03
Mollusca						
<i>Linucula pisum</i>	-	-	-	-	12	0,44
<i>Macoploma inornata</i>	1	0,08	-	-	-	-
<i>Aeneator fontainei</i>	-	-	1	0,54	2	20,71
<i>Barbatia pusilla</i>	-	-	1	0,03	-	-
<i>Calyptrea</i> sp.1	-	-	-	-	3	0,24
<i>Crepipatella dilatata</i>	-	-	1	<0,01	-	-
<i>Crucibulum lignarium</i>	-	-	-	-	3	58,41
<i>Fissurella</i> sp.1	-	-	-	-	2	0,12
<i>Alia unifasciata</i>	1	0,17	155	13,94	15	2,31
<i>Nassarius gayi</i>	3	0,75	9	1,79	13	2,65
<i>Priene scabrum</i>	-	-	1	0,25	7	48,16
<i>Salitra radwini</i>	-	-	-	-	1	0,05
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	-	-	6	2,04	1	0,46
<i>Xanthochorus buxea</i>	-	-	3	1,26	-	-
Chitoniidae sp.2	-	-	1	0,01	-	-
Polychaeta						
<i>Diopatra chiliensis</i>	-	-	3	2,26	3	1,36
<i>Nephtys</i> sp.2	4	0,08	2	<0,01	9	0,08
<i>Nereis</i> sp.1	-	-	-	-	3	0,02
Phyllodocidae sp.1	-	-	-	-	2	<0,01
Phyllodocidae sp.4	-	-	1	<0,01	1	<0,01
<i>Sthelena helena</i>	-	-	-	-	2	0,04
Orbiniidae sp.1	3	0,02	-	-	-	-
<i>Paraprionospio pinnata</i>	11	0,19	-	-	6	0,03
<i>Rhynchospio</i> sp.1	-	-	-	-	1	0,09
Spionidae sp.3	3	<0,01	-	-	-	-

Tabla 4.39. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-4

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Murcia gaudichaudi</i>	-	-	-	-	1	0,39
Echinodermata						
<i>Amphioplus magellanicus</i>	-	-	-	-	1	0,01
Mollusca						
<i>Pandora cystula</i>	6	3,86	4	3,19	1	0,75
<i>Alia unifasciata</i>	-	-	1	0,07	-	-
<i>Nassarius gayi</i>	9	0,49	7	0,69	7	0,43
<i>Priene scabrum</i>	1	4,34	-	-	-	-
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	5	0,95	-	-	1	0,07
Polychaeta						
<i>Diopatra chiliensis</i>	1	0,02	1	0,02	-	-
Lumbrineridae sp.2	2	0,03	3	0,04	1	<0,01
<i>Nephtys</i> sp.2	6	0,05	1	0,02	5	0,03
<i>Cirratulus cirratus</i>	-	-	1	0,01	-	-
<i>Cossura chilensis</i>	-	-	1	<0,01	-	-
<i>Levinsenia</i> sp.1	-	-	-	-	1	<0,01
<i>Paraprionospio pinnata</i>	4	0,02	8	0,01	10	0,02

Tabla 4.40. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-5

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Heterophoxus oculatus</i>	1	0,02	-	-	-	-
Mollusca						
<i>Kellia tumbesiana</i>	1	<0,01	-	-	-	-
<i>Tagelus dombeii</i>	-	-	1	0,12	-	-
<i>Alia unifasciata</i>	2	0,25	4	0,47	2	0,24
<i>Nassarius gayi</i>	3	0,05	2	0,08	-	-
<i>Salitra radwini</i>	-	-	-	-	1	0,02
Polychaeta						
Glyceridae sp.1	-	-	1	0,04	-	-
Lumbrineridae sp.3	1	<0,01	1	0,01	-	-
<i>Nephtys</i> sp.2	4	0,01	7	0,07	2	0,04
<i>Nereis</i> sp.1	1	0,01	-	-	-	-
<i>Leitoscoloplos</i> sp.1	-	-	1	<0,01	4	0,01
<i>Magelona</i> sp.1	-	-	9	0,01	12	0,02
<i>Paraprionospio pinnata</i>	8	0,02	5	0,01	3	0,01
<i>Travisia</i> sp.1	1	0,01	1	<0,01	-	-

Tabla 4.41. Macrofauna submareal de fondos blandos recolectada en la estación CA-6

TAXA	MUESTRA		REPLICA 1		REPLICA 2	
	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)	ABUNDANCIA (ind)	BIOMASA (g)
Crustacea						
<i>Betaeus truncatus</i>	-	-	1	0,03	2	0,02
<i>Cycloxanthops bocki</i>	-	-	-	-	1	0,09
<i>Diogenes edwardsii</i>	2	<0,01	2	0,02	-	-
Echinodermata						
<i>Amphioplus magellanicus</i>	-	-	-	-	1	0,01
Mollusca						
<i>Argopecten purpuratus</i>	-	-	2	0,05	-	-
<i>Semimytilus algosus</i>	-	-	2	0,39	-	-
<i>Crepidatella dilatata</i>	1	0,03	2	0,03	3	0,06
<i>Alia unifasciata</i>	118	9,13	131	11,51	122	9,09
<i>Nassarius gayi</i>	4	0,74	9	1,29	9	1,69
<i>Priene scabrum</i>	1	0,28	-	-	-	-
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	1	0,82	-	-	5	0,42
<i>Xanthochorus buxea</i>	-	-	-	-	3	0,28
Polychaeta						
<i>Diopatra chiliensis</i>	1	0,07	1	0,29	1	0,18
Lumbrineridae sp.3	2	0,04	-	-	-	-
<i>Harmothoe</i> sp.1	1	0,01	-	-	4	0,02
<i>Nephtys</i> sp.2	4	0,04	10	0,06	3	0,03
<i>Nereis</i> sp.1	-	-	2	<0,01	-	-
Phyllodocidae sp.4	4	<0,01	-	-	1	<0,01
<i>Capitella capitata</i>	4	<0,01	1	<0,01	-	-
<i>Magelona</i> sp.1	4	<0,01	1	<0,01	1	<0,01
<i>Paraprionospio pinnata</i>	6	0,03	-	-	8	0,03
<i>Travisia</i> sp.1	-	-	1	0,05	-	-

Tabla 5. Macrofauna submareal, abundancia y biomasa de las estaciones de monitoreo. Agosto 2018.

La disminución en la abundancia y la biomasa de la macrofauna bentónica de las estaciones entre el año 2006 y el 2018 es evidente. Mientras las estaciones B-5 alcanza 288,870 grs/m² con 3.180 individuos, y B-1 alcanza 222,578 grs/m² con 4.240 individuos el año 2006 (Tabla 6), al año 2018 la biomasa de CA-3 es de 41,63 grs/m² con 1.033 individuos y CA-2 de 29,35 grs/m² con 680 individuos (Tabla 7).

ESTACIÓN	S	N	B
B-1	28	4240	222,578
B-2	32	1070	93,840
B-3	4	80	0,08
B-4	9	275	6,550
B-5	36	3180	288,870
B-6	8	135	1,060

Tabla 6. Índices ecológicos de la macrofauna submareal de las estaciones de muestreo en la línea base 2006. S: Número de especies, N: Número de individuos (ind/m²), B: Biomasa (g/m²). Elaboración propia a partir de la Línea base 2006.

Tabla 4.42. Índices ecológicos de la macrofauna submareal de fondos blandos.

ESTACIÓN	S	N	B	J'	H'
CA-1	19	352	17,31	0,393	1,668
CA-2	20	680	29,35	0,694	2,998
CA-3	31	1.033	41,63	0,578	2,862
CA-4	14	297	3,65	0,768	2,922
CA-5	14	260	0,48	0,790	3,009
CA-6	22	1.607	9,54	0,371	1,653

S: número de especies; N': número individuos (ind/m²); B: biomasa (g/m²); H': diversidad específica (bit/ind); J': uniformidad.

Tabla 7. Índices ecológicos de la macrofauna submareal de fondos blandos. Monitoreo 2018.

las comunidades de la macrofauna bentónica han tenido una variación sustantiva desde que se evaluó este proyecto y el presente. Documentamos en este informe la pérdida de al menos 14 de las 56 especies originales, así como también un reemplazo de las especies originales por poliquetos.

El incremento en la diversidad de poliquetos puede tener relación con la variación sustantiva que se ha registrado en los sedimentos desde el momento de evaluación del proyecto y el último muestreo realizado. El incremento en el contenido de sedimento fino (fango-limoso) y el porcentaje de materia orgánica aumenta el número de poliquetos (Zúñiga 1983), que al ser mayormente detritívoras, se alimentan desde el sedimento.

De los muestreos desaparecen grupos completos de nemátodos y anthozoos, que antes formaban parte de la comunidad bentónica. Asimismo, desaparecen especies sensibles, nueve taxa que habían sido identificados como indicadores de contaminación, entre las que se encuentran la almeja y la cholga, de importancia comercial.

La disminución en la abundancia y la biomasa de cada una de las especies es sustantiva entre el año 2006 y el año 2018 es evidente al comparar cada una de las especies y a su vez, al comparar las estaciones.

Observación 5: Los antecedentes disponibles dan cuenta de una pérdida de biodiversidad en los puntos de monitoreo, tanto de especies que debieran haber sido consideradas como indicadoras de que las condiciones ambientales estaban cambiando, como otras especies que no volvieron a ser registradas. Es necesario establecer las medidas de mitigación, compensación y reparación que

permitan restaurar tanto la composición de especies que existían en el área de influencia del proyecto, como su abundancia y función.

6. Los parámetros de calidad de agua de mar en la Bahía de Mejillones.

Tanto el pH (Fig. 6), como la temperatura superficial y del fondo (Fig. 7), la concentración de oxígeno disuelto en la superficie y en el fondo (Fig. 8) y la concentración de cloro en la superficie y en el fondo de la columna de agua (Fig.9) muestran variaciones significativas desde la caracterización de la línea base y el último muestreo registrado en el año 2018.

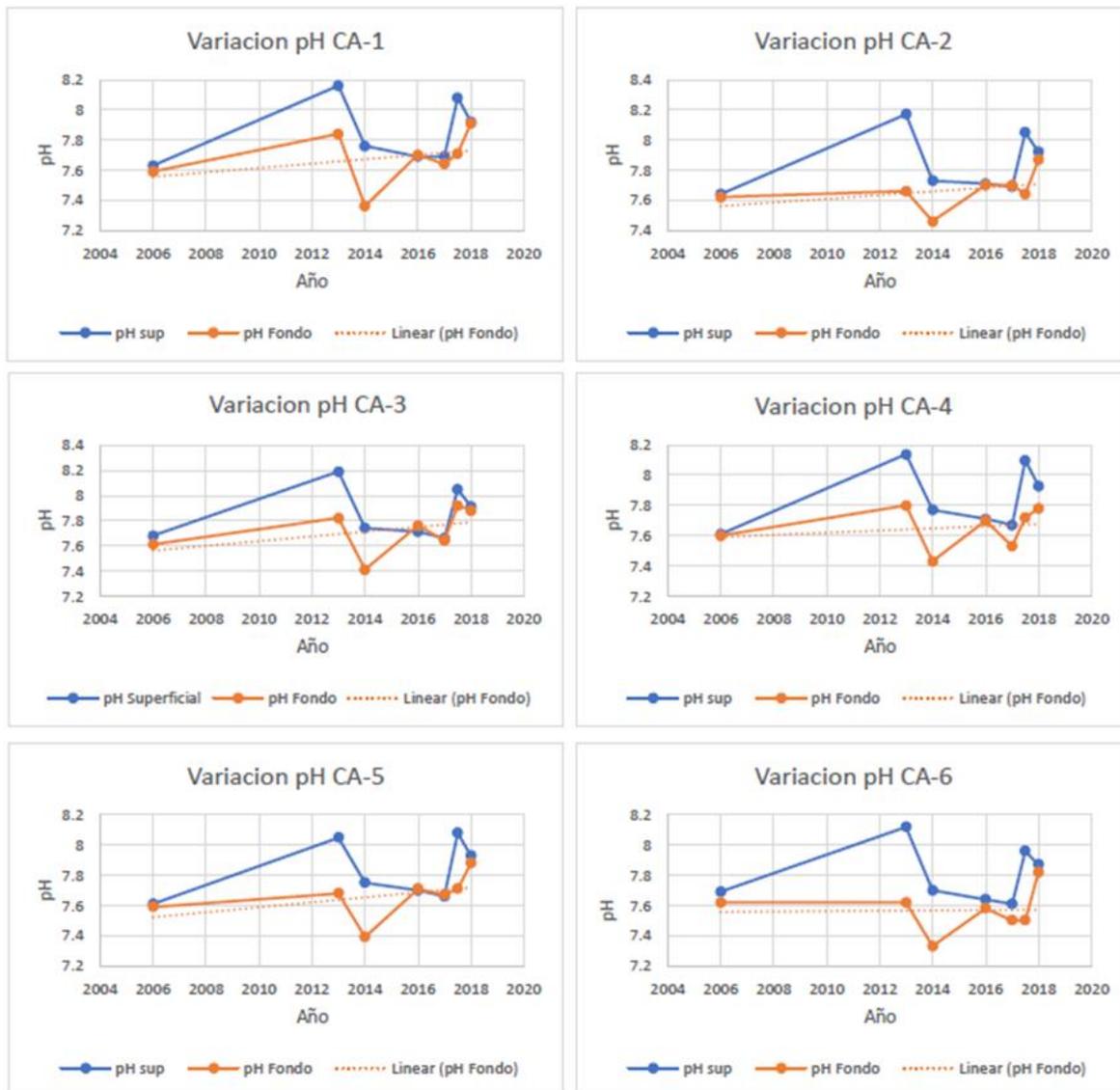


Figura 6. Valores de pH en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la línea base del Proyecto Central Termoeléctrica Angamos el año 2006 y en los subsecuentes mediciones realizadas y entregadas a las autoridades dentro del marco del plan de seguimiento del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

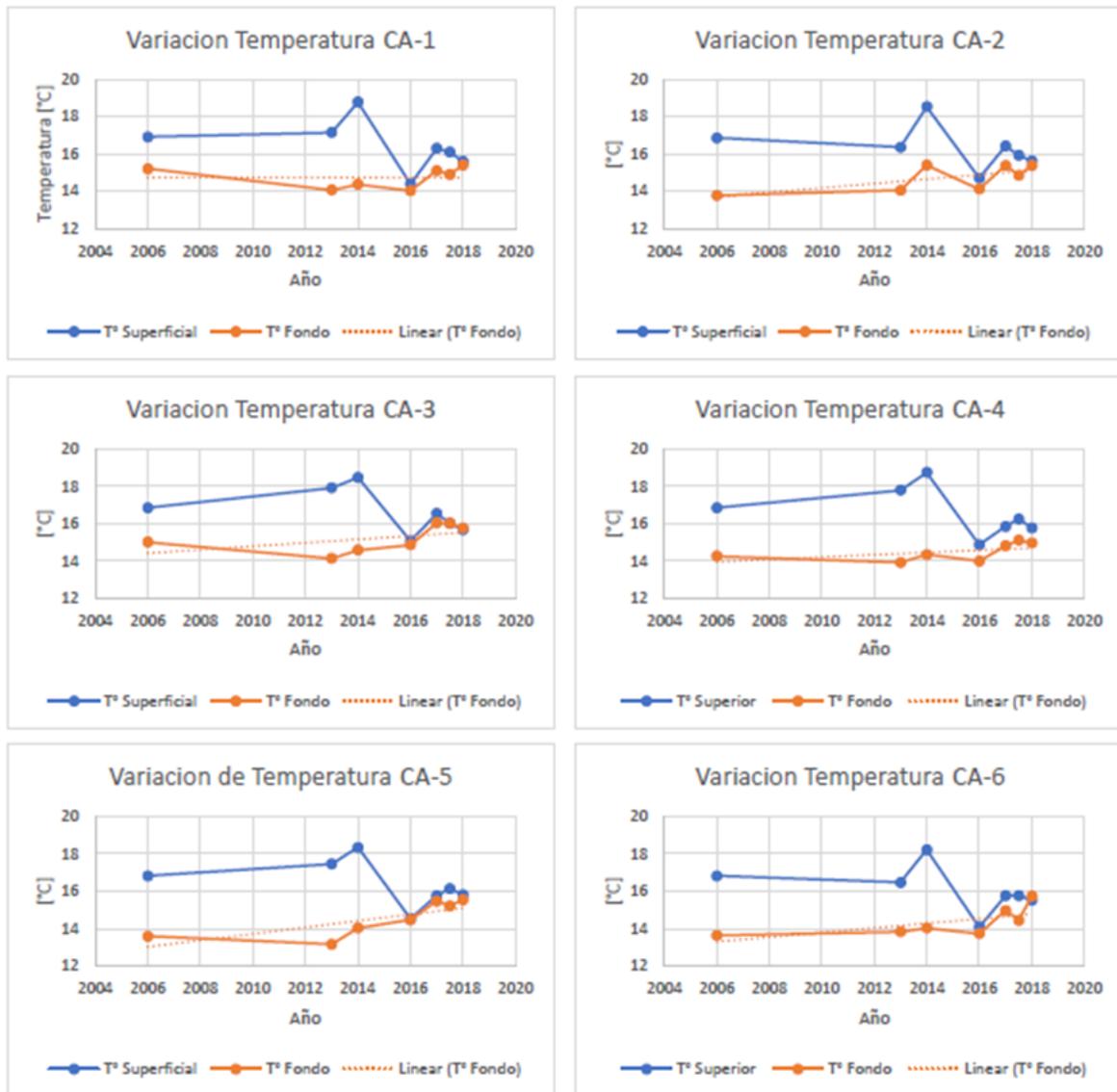


Figura 7. Valores de temperatura (°C) en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la línea base del Proyecto Central Termoeléctrica Angamos el año 2006 y en los subsiguientes mediciones realizadas y entregadas a las autoridades dentro del marco del plan de seguimiento del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

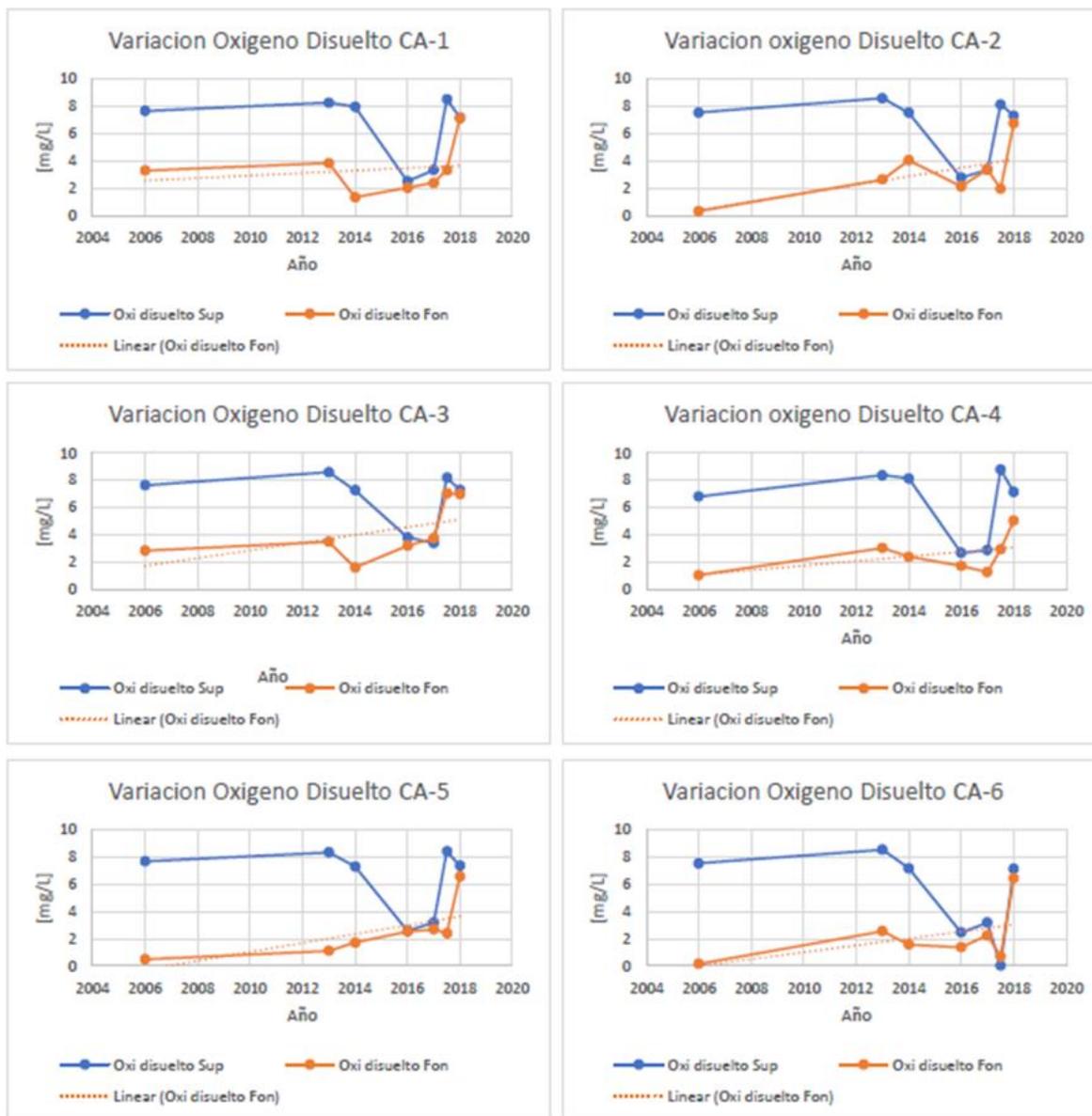


Figura 8. Valores de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la línea base del Proyecto Central Termoeléctrica Angamos el año 2006 y en los subsiguientes mediciones realizadas y entregadas a las autoridades dentro del marco del plan de seguimiento del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

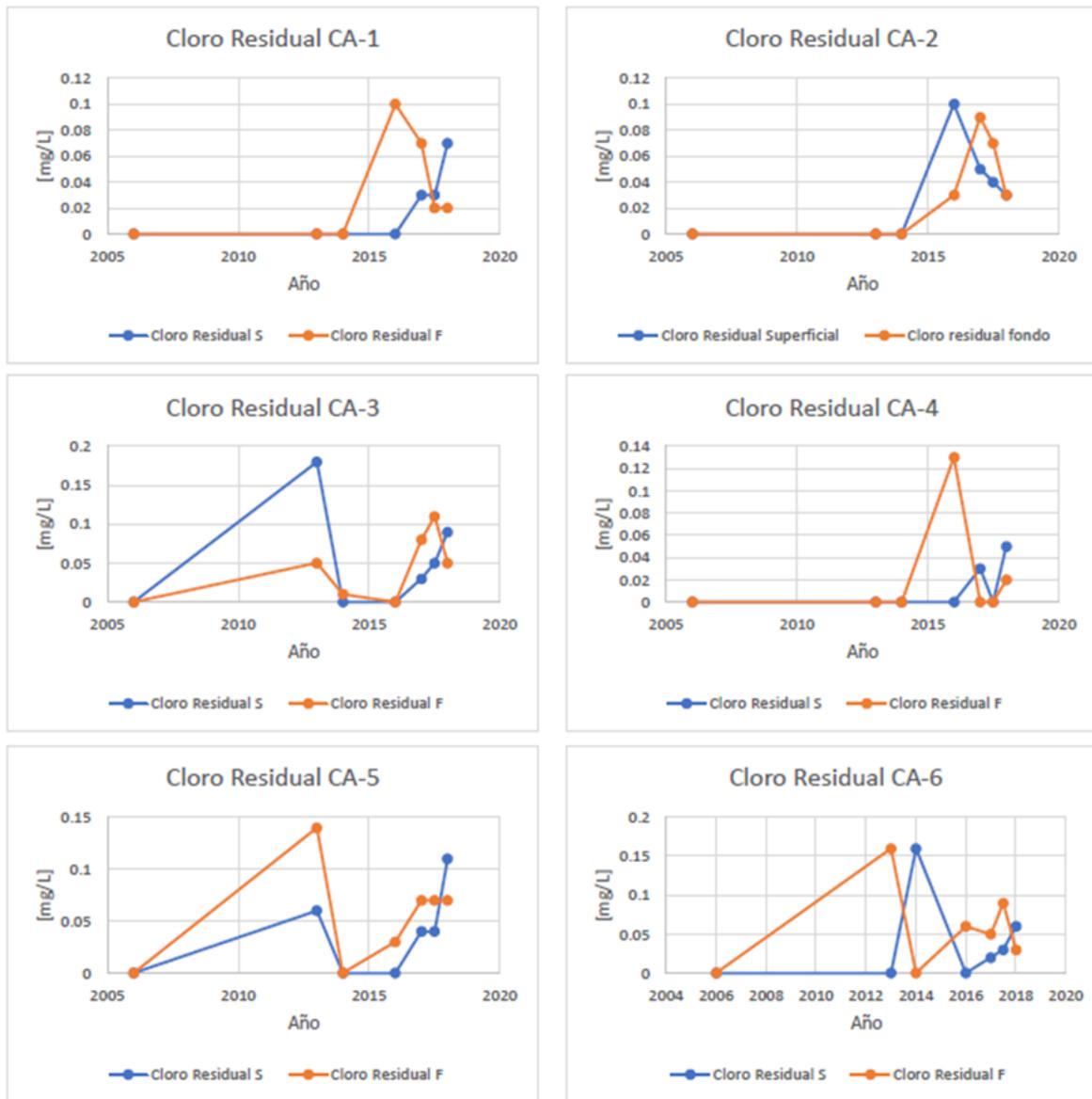


Figura 9. Concentración de cloro residual (mg/l) en la superficie y en el fondo de la columna de agua en las estaciones caracterizadas el año 2006 en la línea base del proyecto Central Termoeléctrica Angamos y los monitoreos siguientes como parte del plan de seguimiento.

La solubilidad del oxígeno en el agua varía con la temperatura y la salinidad. Sin embargo, existen rangos en los que se pueden clasificar las aguas de acuerdo a los niveles de concentración de oxígeno. Bien vale recordar que el oxígeno es crucial para los organismos y los procesos aeróbicos, como la oxidación química y la respiración de los microorganismos. La falta de oxígeno puede causar que los organismos móviles se alejen y que los sésiles, mueran.

Se consideran aguas hipóxicas cuando los niveles de oxígeno disuelto se encuentran entre 0,28 y 4 mg/l, aunque en la mayor parte de los estudios se consideran condiciones hipóxicas a las aguas con concentraciones de oxígeno disuelto inferiores a 2 mg/l (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008), a pesar de las evidencias que existen de que los impactos de la hipoxia en muchos organismos se registran a concentraciones mayores (Vargo & Sastry, 1977; Hagerman, 1998, Gray et al. 2002, Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008).

Mientras la concentración de oxígeno disuelto en la superficie del agua del mar muestra una tendencia a la disminución en el tiempo al comparar el año 2006 con el año 2018, la concentración de oxígeno disuelto en el fondo del agua del mar muestra muy fuerte tendencia a incrementar en el tiempo (Fig. 8).

Desde el año 2014 se registra un descenso en la concentración del oxígeno disuelto en superficie, que se profundiza hasta llegar en las mediciones de 2016 y 2017 a concentraciones anóxicas o cercanas a la anoxia (Fig. 8). La fuerte disminución en la concentración de oxígeno disuelto en superficie y el fuerte incremento en la concentración de oxígeno disuelto del fondo resulta en una coincidencia en los valores de oxígeno disuelto en cinco de las seis estaciones de monitoreo (Fig. 8).

Observación 6: En los puntos de monitoreo del medio marino del proyecto, a pesar de las limitaciones del diseño del muestreo, se han detectado variaciones significativas en el pH, oxígeno disuelto, temperatura y cloro residual. Es crítico que se establezcan medidas de mitigación, compensación y reparación que permitan recuperar las condiciones de pH, oxígeno disuelto y cloro residual que se han modificado como consecuencia de la construcción y operación del proyecto.