

Participación Ciudadana

Procedimiento de Revisión Central Termoeléctrica Angamos, Región de Antofagasta.

Observante

María José Kaffman Barba

Componente Atmósfera

Observación 1

En base a la información de emisiones al aire de fuentes puntuales reportadas al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (en adelante, "RETC") por el Ministerio de Salud a través del Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas o Formulario 138 (en adelante "F138") que se sustenta normativamente en el D.S. N° 138/2005 del MINSAL, y por el D.S. N° 13/2011 del Ministerio del Medio Ambiente que establece norma de emisión para centrales termoeléctricas, se determinó que las emisiones anuales de CO₂ provenientes de la Central Termoeléctrica Angamos varían entre los años 2013 y 2019 entre 3.040,662 y 3.955,544 KtonCO₂/año.¹ Si comparamos estos datos con los datos entregados en los Informes Bienales de Actualización de Chile sobre Cambio Climático², solamente la Central Termoeléctrica Angamos representa el 10% de las emisiones de CO₂ de la industria de la energía, sector responsable de 1/3 de las emisiones generadas a nivel nacional.

Chile en la NDC³ del año 2020 establece los siguientes compromisos de mitigación: M1) Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO₂eq⁴, entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO₂eq al 2030⁵. Dicho cumplimiento se encuentra sujeto a la reducción de las principales fuentes emisoras, en este caso la Central Termoeléctrica Angamos. Dado lo anterior, es indispensable que el proyecto establezca límites de emisión de CO₂eq con la finalidad de que Chile pueda cumplir con sus convenios internacionales, para lo cual deberá mitigar sus emisiones, a través de cambios tecnológicos dirigidos a reducir sus emisiones de GEI, y/o compensar las emisiones generadas, de manera de generar un impacto positivo equivalente.

Observación 2

De manera similar al tema de las emisiones de CO₂ y el cumplimiento de los tratados

¹ <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire-de-fuente-puntuales>.

² Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 1990-2018. Ministerio de Medio Ambiente, 2020.

³ Contribución Determinada a Nivel Nacional, para emisiones de gases de efecto invernadero o GEI.

⁴ CO₂eq, o CO₂ equivalente corresponde a una medida universal utilizada para indicar en términos de CO₂, el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global, es decir, suma el potencial de todos los GEI emitidos.

⁵ GOBIERNO DE CHILE. Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, Actualización 2020. página, 33. Disponible en:

https://www.paiscircular.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf.

internacionales relacionados con el cambio climático, el carbono negro también surge como un elemento imprescindible de ser considerado en el proceso de revisión de la RCA de la Central Termoeléctrica Angamos.

El carbono negro es parte significativa del MP2,5. Estas partículas son susceptibles de ser emitidas directamente por las chimeneas de la central termoeléctrica, y también de manera fugitiva en las diferentes partes del proyecto. Las emisiones fugitivas se pueden generar por los vehículos motorizados que se requieren en la operación del proyecto, por ejemplo. Estas emisiones fugitivas también se generan por erosión eólica en los acopios de carbón y en los vertederos de cenizas de las centrales termoeléctricas. Igualmente las operaciones de transporte, carga y descarga tanto del carbón como de las cenizas son susceptibles de emitir de manera fugitiva material particulado.

Chile en su NDC del año 2020 establece compromisos de mitigación relacionados con los contaminantes de vida corta dado sus aportes al aumento de la temperatura media global. Dentro de estos contaminantes, la NDC se centra en el carbono negro dado que representa uno de los principales contaminantes de vida corta, cuya regulación a nivel local genera una serie de co-beneficios importantes en materia de mejoras de la calidad del aire, disminuyendo los impactos en la salud de las personas (enfermedades respiratorias principalmente) y los costos asociados de estos impactos en salud.

En este sentido Chile se compromete en su Contribución en Mitigación N°2 M2) a una reducción de al menos un 25% de las emisiones totales de carbono negro al 2030, con respecto al 2016. Este compromiso se implementará principalmente a través de las políticas nacionales asociadas a la calidad del aire.⁶

De esta manera, el Titular deberá identificar y evaluar los impactos generados por la emisión de carbono negro y desarrollar medidas de mitigación, reparación y compensación asociados a dicho impacto. Igualmente, deberá quedar establecido un plan de seguimiento que permita dar cuenta del comportamiento de dicha variable.

Dicho lo anterior, es necesario que al momento de que el Titular evalúe su emisión de carbono negro considere tanto emisiones directas como emisiones fugitivas para cuantificar y valorar correctamente su impacto.

Observación 3

La Central Termoeléctrica Angamos, cuya RCA es del año 2007, no contempla dentro de sus emisiones el material particulado 2,5 el cual se encuentra actualmente regulado por una norma de calidad primaria⁷. Debido al proceso extraordinario de revisión de la RCA y al aporte del MP2,5 al calentamiento global, por estar compuesto de manera significativa por carbono negro y ser altamente perjudicial para la salud de la población, se hace necesario

⁶ GOBIERNO DE CHILE. Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, Actualización 2020. página, 33. Disponible en:

https://www.paiscircular.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf.

⁷<https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/Norma-de-calidad-primaria-para-mp25-DS-12-2011.pdf>

que el Titular identifique y evalúe correctamente sus aportes de MP2,5 a la calidad de aire de Mejillones y su zona circundante, que incorpore medidas de mitigación, reparación y compensación de ser necesario y que establezca un plan de seguimiento que permita identificar el comportamiento de esta variable en el tiempo.

Observación 4

La surgencia permanente en la Bahía de Mejillones (que en el resto del país son de carácter estacional) produce un ensamble de fitoplancton altamente productivo⁸, el cual aumenta aún más al ocurrir eventos de surgencia más intensos/frecuentes (mayor producción primaria) en las aguas de la bahía⁹. Es sabido que dichos microorganismos colectivamente pueden fijar (incorporar a su biomasa a través de la fotosíntesis) entre 30 y 50 x10⁹ toneladas métricas de carbono por año, lo que corresponde a aproximadamente un 40% del total global¹⁰, lo que convertiría a las costas de Mejillones en un importante sumidero de carbono, funcionando como un “pulmón verde” marino.

Considerando lo anterior, y dado que la Central Termoeléctrica Angamos provoca una alteración significativa en las comunidades marinas en su fase de operación, principalmente en el proceso de succión de agua (que les causa la muerte) y en la descarga de residuos industriales líquidos que alteran las condiciones de la columna de agua y contienen biocidas, se considera necesario que el Titular evalúe debidamente los impactos que genera la operación de esta central termoeléctrica en el ensamble de fitoplancton presente en la bahía de Mejillones. Para esto, se debe tener en consideración la importancia de este ensamble tanto para la mantención de las redes tróficas, como por su aporte a la mitigación del cambio climático como sumidero de carbono, siendo imprescindible que se cuantifiquen las emisiones GEI que son liberadas y/o que dejan de ser secuestradas por este sumidero de carbono, por efectos de su alteración.

De igual manera, se ha documentado que cuando se presenta un exceso de cloro libre residual en el ambiente se generan efectos nocivos sobre la biodiversidad debido a su naturaleza letal sobre individuos pequeños, como lo son las larvas de distintas especies marinas y el plancton. Se ha descrito que valores sobre los 0,2 mg/L de cloro aumentan considerablemente la mortalidad de estas especies¹¹, lo que implicaría impactos sobre el ecosistema local, debido a la disminución en el reclutamiento para los siguientes estados de desarrollo. Distintos estudios han demostrado que este elemento es uno de los

⁸ Rodríguez, L., Escribano, R., Grone, G., Iribarren, C. & Castro, H. 1996. Ecología del fitoplancton en la Bahía de Antofagasta (23°S), Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso (Chile)* 31, 65–80.

⁹ Ortlieb, L., Escribano, R., Follegati, R., Zuniga, O., Kong, I., Rodriguez, L., Valdes, J., Guzmán, N. & Iratchet, P. 2000. Recording of ocean-climate changes during the last 2,000 years in a hypoxic marine environment off northern Chile (23°S). *Revista Chilena de Historia Natural* 73, 221–242.

¹⁰ Berger, W.H., Smetacek, V.S. and Wefer, G. (eds). 1989. *Productivity of the Ocean: Past and Present*. John Wiley & Sons, New York, 471 pp. Falkowski, P.G. and Woodhead, A.D. 1992. *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum Press, New York 550 pp.

¹¹ Rosales-Casián, J. A. (1990). Effect Of Seawater Chlorination On The Survival And Growth Of Grunion (*Leuresthes Tenuis* Ayres) Larvae, In Laboratory Conditions. *Ciencias Marinas*, 16(2), 31–46.

componentes más importantes en la reducción de la fijación de carbono en el océano^{12,13} teniendo impacto directo sobre la capacidad del océano de amortiguar el exceso de CO₂ liberado al ambiente, contribuyendo al Cambio Climático.

Estas emisiones GEI que son liberadas y/o dejan de ser secuestradas por el medio marino debido a su afectación, deberían ser incorporadas como emisiones GEI indirectas provocadas por el proyecto.

Esto sumado a los impactos sobre los ecosistemas marinos y en consecuencia a las actividades locales que dependen de estos debido a las perturbaciones en la cadena trófica y el reclutamiento de individuos a consecuencia de la mortalidad en larvas.

Componente Calidad de Agua

Observación 5

En esta revisión se evidenció la modificación en la ubicación del punto de monitoreo *control* reconocido en el proceso de evaluación del proyecto.

El primer punto de monitoreo control, denominado SED-6 en la línea base, figura a 6,03 km, o 3,26 millas náuticas de los demás puntos de muestreo. Esta distancia permitía efectivamente dar cuenta de las condiciones del ambiente sin la alteración del proyecto, al encontrarse fuera de su área de influencia. Sin embargo, en los monitoreos siguientes, el punto control, CA-6, se realizó a 0,22 millas náuticas, es decir, 632 metros de distancia del punto de monitoreo más cercano quedando dentro del área de influencia del proyecto:

¹² Videau, C., Khalanski, M., & Penot, M. (1979). Preliminary results concerning effects of chlorine on monospecific marine phytoplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 36(2), 111–123.

¹³ López-Galindo, C., Garrido, M. C., Casanueva, J. F., & Nebot, E. (2010). Degradation models and ecotoxicity in marine waters of two antifouling compounds: Sodium hypochlorite and an alkylamine surfactant. *Science of The Total Environment*, 408(8), 1779–1785.

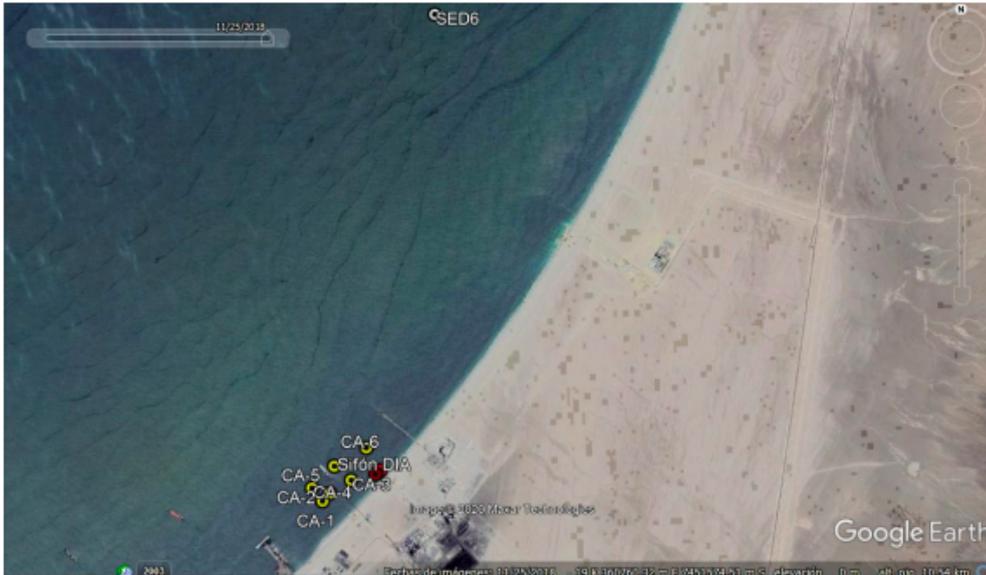


Figura 6. Imagen satelital de los puntos de muestreo de sedimentos del año 2018, CA-1-6 en color amarillo, en color rojo los puntos de captación y descarga autorizados en la DIA, y en la parte superior de la imagen, el punto control SED-6, de color blanco⁴⁰.

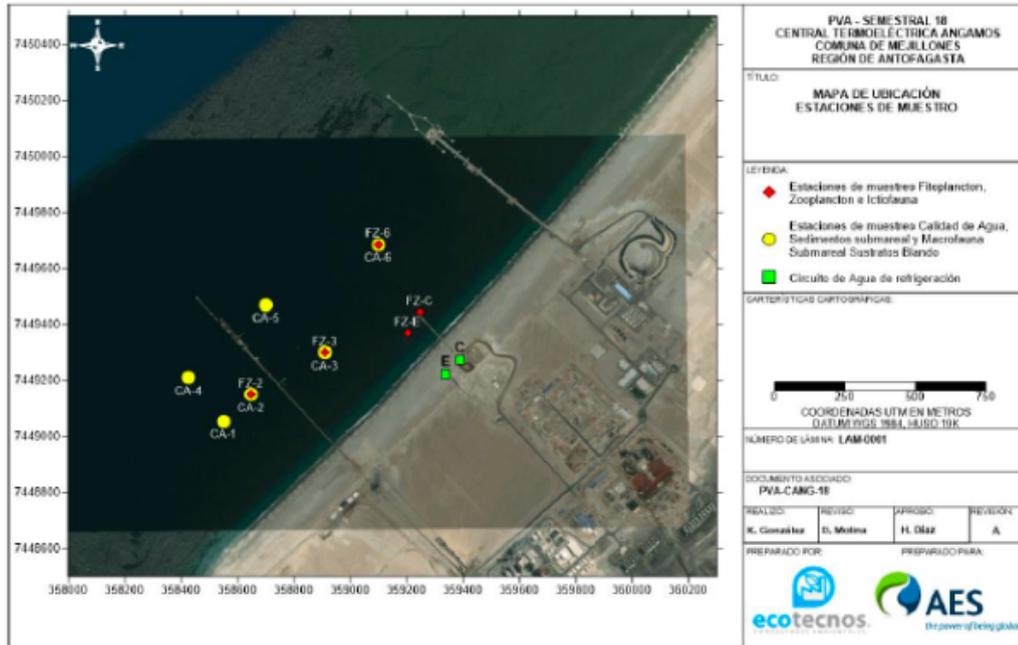
En ese sentido, las comparaciones que realiza el titular de las condiciones presentes entre las estaciones, considerando como una estación de referencia a SED-6, también llamada CA-6 o B-6, una vez acortada su distancia y situada al interior del área de influencia junto con las otras estaciones de monitoreo, carecen completamente de validez en cuanto sean de utilidad como una estación de monitoreo control.

Esto tiene como consecuencia que no exista una estación de control representativa del área fuera de la influencia del proyecto, por lo que no se puede hacer análisis comparativos entre el área de influencia y las condiciones naturales de la bahía al momento de realizar los monitoreos, por lo que se carece de dicha información.

Esto se puede observar al menos desde el monitoreo n°4 del PVA del medio marino en adelante, realizado en marzo de 2013 (el más antiguo disponible en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, SNIFA), donde dicha estación control (CA-6) se encuentra dentro del área de influencia como se ha señalado con anterioridad¹⁴, indicada en las coordenadas UTM 359.092 E y 7.449.687 N (Zona 19K, Datum WGS84). De igual manera, en el monitoreo n° 19 correspondiente al mes de julio de 2020¹⁵, se siguen presentando coordenadas en UTM prácticamente idénticas: 359.100 E y 7.449.687 N (Zona 19 K, Datum WGS84), tal como se observa en el mapa de estaciones entregado en el Informe técnico:

¹⁴ Programa de Vigilancia Ambiental Central Termoeléctrica Angamos Monitoreo Semestral, monitoreo N° 4 primer semestre de 2013. Por Oikos Chile S.A.

¹⁵ Entregado en los "Anexos Informe Empresa Eléctrica Angamos SpA" que acompañan el "Informe Empresa Eléctrica Angamos SpA", ambos disponibles en la página de seguimiento de la "Revisión de la RCA del proyecto: "Central Termoeléctrica Angamos" del SEA, Ítem 13 y 14 [visita: 30/11/2021]: <https://www.sea.gob.cl/rca/revisión-de-la-rca-proyecto-central-termoelectrica-angamos>



Fuente: Ecotecnos
Datum WGS-84, Zona 19K.

Dicho lo anterior, es necesario que el Titular vuelva a situar la estación control de las variables marinas fuera del área de influencia del proyecto, con la finalidad de poder determinar el comportamiento natural de la bahía y evaluar si se está generando o no un impacto sobre esta. Es importante destacar que debido a esta situación, desde 2013 no se ha evaluado realmente el impacto que genera la Central Termoeléctrica Angamos en la Bahía de Mejillones en sus planes de monitoreo, debido a la falta de una estación control. Situación que necesita una urgente regularización.

Observación 6

Los muestreos y modelamientos del medio marino se realizaron en relación al punto de descarga y de captación de agua de mar sometidos a evaluación contemplados en el EIA. En ese proyecto, el emisario tenía una longitud total de 260 metros, y descargaría fuera de la Zona de Protección Litoral, definida en 95 metros desde la línea de más baja marea hacia el mar. Sin embargo, el punto de captación de agua de mar y de descarga del emisario fueron modificados mediante una DIA independiente del proyecto ingresada de forma paralela el año 2008 al SEIA¹⁶, donde el largo del sifón de captación se reduce a 77 metros de largo, desde la línea más baja de marea. Esta modificación no implicó nuevos muestreos ni modelamientos en las variables del medio marino por parte del titular, a pesar de ser significativa y de alterar la ubicación de los puntos de captación y descarga. Lo anterior deriva en que este proceso se realiza actualmente dentro de la Zona de Protección Litoral

¹⁶ Declaración de Impacto Ambiental "Modificación del Punto de Toma y Descarga Central Termoeléctrica Angamos", Empresa Eléctrica Angamos S.A. Rep. Legal: Omar Reyes Quijada, fecha de Ingreso al sistema electrónico 21 de Julio de 2008. Disponible en:

https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=3050309

de la bahía definida, de 95 metros desde la línea de más baja marea hacia el mar (Fig. 4)¹⁷, en contravención a la evaluación inicial que lo situaba por fuera.

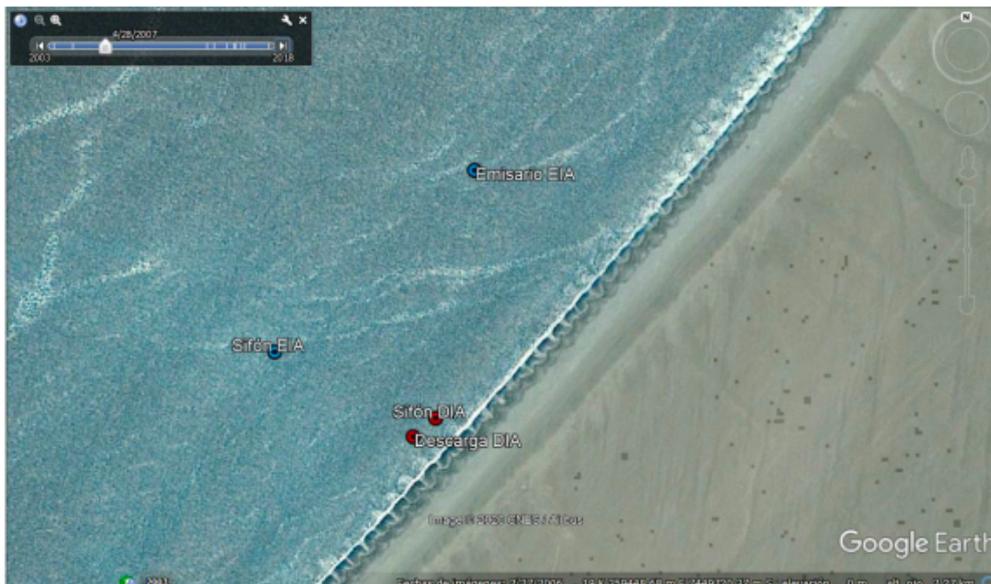


Figura 4. Imagen satelital del año 2007 donde se muestran los puntos de captación y descarga aprobados en el EIA (en celeste) y los puntos de captación y descarga aprobados en la DIA (en rojo)³⁸.

Esta modificación en la ubicación de los puntos de toma de agua y de descarga, que no estuvo acompañada de una caracterización idónea del área de influencia del proyecto (debido a que se realizó mediante DIA), tampoco estuvo acompañada de una modificación en los puntos de monitoreo durante la construcción y la operación del proyecto. De esa forma, los puntos de monitoreo establecidos no se condicen con la ubicación del sifón de captación ni con la ubicación de la descarga del proyecto actuales, pero si se corresponden con la caracterización definida para la ubicación de estas para el proyecto evaluado por EIA (Fig. 5)¹⁸.

¹⁷ Elaboración propia a partir de la información presentada en la Línea Base Medio Marino del EIA de Central Termoeléctrica Angamos (2006) y la DIA "Modificación del Punto de Toma y Descarga Central Termoeléctrica Angamos".

¹⁸ Elaboración propia a partir de la información presentada en la Línea Base Medio Marino del EIA de Central Termoeléctrica Angamos (2006) y la DIA "Modificación del Punto de Toma y Descarga Central Termoeléctrica Angamos".

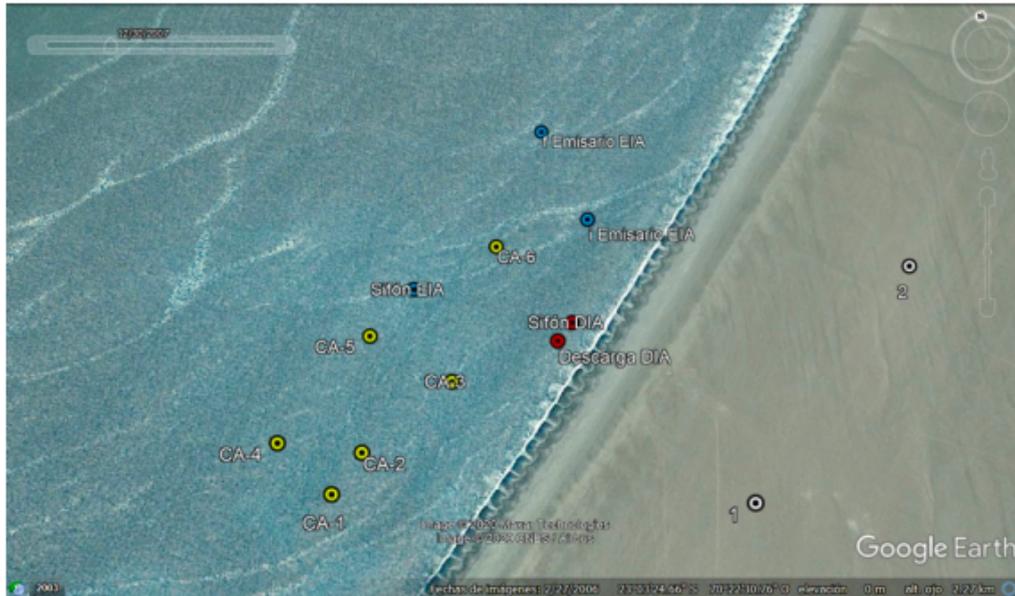


Figura 5. Imagen satelital del año 2007 donde se muestran los puntos de captación y descarga aprobados en el EIA (en celeste) y los puntos de captación y descarga aprobados en la DIA (en rojo). Se incluye la ubicación de los puntos muestreados durante los monitoreos del Plan de Seguimiento CA-1 a CA-6 en amarillo³⁸.

Dicho lo anterior, es necesario rediseñar o adicionar nuevos puntos de muestreo que sean representativos considerando las modificaciones a los puntos de captación y descarga realizadas en la DIA, con finalidad de que los monitoreos reflejen correctamente la influencia del proyecto dentro de la bahía.

Observación 7

Las proyecciones del cambio climático consideran una intensificación en los procesos de surgencia y en el fenómeno de “El Niño”, las cuales alterarán de manera irreversible las condiciones ambientales de la Bahía de Mejillones. Las costas de la bahía se verán sometidas a las consecuencias presentadas a nivel mundial debido al cambio climático, como la acidificación de las aguas (que tiene como consecuencia la degradación de los organismos con concha y la disminución en la capacidad de captar CO₂ químicamente), aumento de la temperatura y disminución en la disponibilidad de oxígeno, entre otros.

En este escenario, es necesario que el Titular introduzca estas proyecciones de cambio climático al momento de evaluar sus impactos en el medio marino e identificar la necesidad de adoptar medidas de mitigación, reparación y/o compensación. Al momento de evaluar estos impactos es indispensable considerar que las alteraciones provocadas por el proyecto se adicionan a las alteraciones que genera el cambio climático, potenciando dichas problemáticas asociadas al cambio en los parámetros químicos y descarga de contaminantes.

Observación 8

Las emisiones de la Central Termoeléctrica Angamos también genera impactos sobre el componente Medio Marino, La presencia de gases de efecto invernadero a escala local puede aumentar la intensidad de los vientos¹⁹ y con ello la surgencia y disponibilidad de nutrientes, generando eutrofización y posible anoxia en zonas externas a la Zona de Mínimo Oxígeno natural de la bahía, debido al aumento de la demanda de oxígeno tanto química como biológica, y lo que puede tener como consecuencia el reemplazo de las especies locales por otras más tolerantes a estas condiciones adversas, afectando directamente la biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas, lo que fue demostrado en los análisis realizados en los monitoreos del Plan de Seguimiento Ambiental del medio marino para la Central. No solo afectando la biodiversidad local y stock de recursos, sino también la capacidad de absorber carbono en sus costas.

Se proyecta que el cambio climático genere grandes y abruptos cambios en los eventos a nivel regional y global, relacionados con la circulación oceánica (especialmente asociados con las formaciones en agua profundas), y la velocidad del viento. Los futuros aumentos en los vientos, debido al efecto invernadero, podrían eventualmente afectar la tasa e intensidad en los eventos de surgencia²⁰, al generar un aumento en la tasa de reemplazo de la capa superior de la columna de agua. Por ejemplo, un aumento del 15% en los vientos representaría un aumento de ~40% en la tasa de reemplazo del volumen de la capa superior por día (renovación de agua), lo que aumentaría el flujo de las masas de agua hacia la superficie. Por lo que es importante reducir y/o mitigar las emisiones de GEI a nivel local para reducir los impactos sobre los vientos, y en consecuencia, sobre el ecosistema de la bahía.

El contenido del oxígeno disuelto en el mar corresponde al resultado de procesos como el intercambio de gases con la atmósfera o la fotosíntesis y respiración. Desde el punto de vista ambiental, el contenido de oxígeno disuelto es considerado un indicador de calidad de agua en su rol fundamental para la vida de animales y algas, y procesos oxidativos asociados a la formación de gases y sustancias tóxicas. En el medio marino, el oxígeno disuelto tiene un comportamiento cíclico, cuyas concentraciones son inversamente proporcionales a la profundidad (Carrillo, 2012)²¹. La bahía Mejillones presenta dos características oceanológicas principales; valores de productividad primaria de 1.070 g C m⁻² año⁻¹ (Marin, y otros 1993)²² y una Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO; oxígeno disuelto < 0,5 mL L⁻¹) que se ubica a partir de aproximadamente los 50-60 m de profundidad, dependiendo de la época del año (Escribano y Hidalgo 2000)²³. Debido a que la bahía tiene una profundidad máxima de 120 m, gran parte de su ambiente de fondo está bajo el dominio

¹⁹ Weeks, S.J., Currie, B., Bakun, A. & Peard, K.R. 2004. Hydrogen sulphide eruptions in the Atlantic Ocean off southern Africa: implications of a new view based on SeaWiFS satellite imagery. *Deep-Sea Research I* 51, 153–172.

²⁰ Bakun, A. 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science* 247, 198–201.

²¹ Carrillo, P. «Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras La Libertad y Manta, como aporte al conocimiento del fenómeno "El Niño".» *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2012.

²² Marin, V, L Rodriguez, L Vallejo, J Fuenteseca, y E Oyarce. «Efecto de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de la Bahía de Mejillones Sur.» *Historia Natural*, 1993.

²³ Escribano, R, y P Hidalgo. «Spatial distribution of copepods in the north of the Humboldt current region off Chile during coastal upwelling.» *Journal of the Marine Biology Association*, 2000.

de esta ZMO (Valdes, Ortlieb y Sifeddine 2003)²⁴.

También se ha observado, en las aguas costeras de la bahía de Mejillones del Sur, descargas de importantes volúmenes de agua con materia orgánica, presentando alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). Esta característica, puede generar hipoxia para algunos grupos de organismos, realizándose una distinción entre la hipoxia de la ZMO y aquella que eventualmente puede depender de las descargas de flujos con alta DBO5.

Según el CEA (2019)²⁵, el área asociada al emisario de la industria sanitaria de Mejillones presenta una carga de materia orgánica considerable. No obstante, si se comparan las cargas máxicas de materia orgánica de ambos emisarios, estas son muy inferiores respecto a la descarga de la industria energética. Estos aportes de materia orgánica tienen relación con las plantas de enfriamiento de la termoeléctrica Angamos. Estas plantas poseen aducciones que transportan agua con organismos pequeños, propios de la columna de agua, fundamentalmente fitoplancton y zooplancton, que son la base de la producción de biomasa de los ecosistemas marinos pelágicos y la base de las redes tróficas.

En los procesos tanto de aducción como de emisión se realizan procesos de intercambio tanto de calor de las plantas de enfriamiento, como de liberación de cloro residual en el proceso de control de la bioincrustación. Los organismos mueren por el aumento de la temperatura y al ser afectados por el Cloro, generando detritus, el que posteriormente es descompuesto por microorganismos o bacterias. De esta forma, las plantas de enfriamiento están incorporando grandes flujos de materia orgánica degradable o detritus en la columna de agua en forma superficial, en los ecosistemas marinos del borde o litoral. Es probable que estos aportes de materia orgánica hayan generado impactos negativos para los procesos ecosistémicos, afectando la sobrevivencia de diferentes tipos de organismos, vía una reducción de los niveles de oxígeno en la columna de agua en las áreas de descargas o en los sedimentos en la vecindad de los puntos de descargas de la termoeléctricas (CEA 2019).

Dicho lo anterior, actualmente la Central Termoeléctrica Angamos se encuentra generando un impacto significativo no identificado en su proceso de evaluación inicial, el cual tiene que ver con los aportes de materia orgánica a los ecosistemas marinos, con sus respectivas consecuencias tanto para la calidad del agua como para la viabilidad de las poblaciones que actualmente habitan estos ecosistemas. De esta manera, el Titular deberá identificar correctamente este impacto, cuantificarlo y evaluarlo, además de proponer medidas de mitigación, reparación o compensación ambiental que se hagan cargo de esta alteración que el Titular lleva generando en la bahía por más de 10 años. Una vez identificado el impacto y las medidas de manejo, también se deberá determinar un plan de seguimiento ambiental con la finalidad de monitorear el comportamiento de esta variable e identificar si las medidas de manejo ambiental planteadas se hacen cargo realmente de los impactos generados al potenciar los episodios de anoxia e hipoxia en la bahía, tal como lo reconoció

²⁴ Valdes, J, L Ortlieb, y A Sifeddine. «Variaciones del sistema de surgencia de Punta Angamos (23º S) y la Zona de Mínimo Oxígeno durante el pasado reciente. Una aproximación desde el registro sedimentario de la Bahía Mejillones del Sur.» Historia Natural, 2003.

²⁵ CEA. «Diagnostico y Monitoreo Ambiental de la Bahía de Mejillones Sur.» 2019.

el Director Regional del Servicio de Evaluación Ambiental²⁶.

Observación 9

El contenido del oxígeno disuelto en el mar corresponde al resultado de procesos como el intercambio de gases con la atmósfera o la fotosíntesis y respiración. Desde el punto de vista ambiental, el contenido de oxígeno disuelto es considerado un indicador de calidad de agua en su rol fundamental para la vida de animales y algas, y procesos oxidativos asociados a la formación de gases y sustancias tóxicas. En el medio marino, el oxígeno disuelto tiene un comportamiento cíclico, cuyas concentraciones son inversamente proporcionales a la profundidad (Carrillo, 2012)²⁷. La bahía Mejillones presenta dos características oceanológicas principales; valores de productividad primaria de 1.070 g C m⁻² año⁻¹ (Marin, y otros 1993)²⁸ y una Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO; oxígeno disuelto < 0,5 mL L⁻¹) que se ubica a partir de aproximadamente los 50-60 m de profundidad, dependiendo de la época del año (Escribano y Hidalgo 2000)²⁹. Debido a que la bahía tiene una profundidad máxima de 120 m, gran parte de su ambiente de fondo está bajo el dominio de esta ZMO (Valdes, Ortlieb y Sifeddine 2003)³⁰.

También se ha observado, en las aguas costeras de la bahía de Mejillones del Sur, descargas de importantes volúmenes de agua con materia orgánica, presentando alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). Esta característica, puede generar hipoxia para algunos grupos de organismos, realizándose una distinción entre la hipoxia de la ZMO y aquella que eventualmente puede depender de las descargas de flujos con alta DBO5.

Según el CEA (2019)³¹, el área asociada al emisario de la industria sanitaria de Mejillones presenta una carga de materia orgánica considerable. No obstante, si se comparan las cargas máxicas de materia orgánica de ambos emisarios, estas son muy inferiores respecto a la descarga de la industria energética. Estos aportes de materia orgánica tienen relación con las plantas de enfriamiento de la termoeléctrica Angamos. Estas plantas poseen aducciones que transportan agua con organismos pequeños, propios de la columna de agua, fundamentalmente fitoplancton y zooplancton, que son la base de la producción de biomasa de los ecosistemas marinos pelágicos y la base de las redes tróficas.

En los procesos tanto de aducción como de emisión se realizan procesos de intercambio tanto de calor de las plantas de enfriamiento, como de liberación de cloro residual en el proceso de control de la bioincrustación. Los organismos mueren por el aumento de la

²⁶ Expediente revisión de RCA por 25 quinquies de la Central Termoeléctrica Angamos. SEA, Carta consulta Titular Documento Digital N°: 20220210317 - Fecha: 07/01/2022, pág. 3.

²⁷ Carrillo, P. «Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras La Libertad y Manta, como aporte al conocimiento del fenómeno "El Niño".» Acta Oceanográfica del Pacífico, 2012.

²⁸ Marin, V, L Rodriguez, L Vallejo, J Fuenteseca, y E Oyarce. «Efecto de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de la Bahía de Mejillones Sur.» Historia Natural, 1993.

²⁹ Escribano, R, y P Hidalgo. «Spatial distribution of copepods in the north of the Humboldt current region off Chile during coastal upwelling.» Journal of the Marine Biology Association, 2000.

³⁰ Valdes, J, L Ortlieb, y A Sifeddine. «Variaciones del sistema de surgencia de Punta Angamos (23° S) y la Zona de Mínimo Oxígeno durante el pasado reciente. Una aproximación desde el registro sedimentario de la Bahía Mejillones del Sur.» Historia Natural, 2003.

³¹ CEA. «Diagnostico y Monitoreo Ambiental de la Bahía de Mejillones Sur.» 2019.

temperatura y al ser afectados por el Cloro, generando detritus, el que posteriormente es descompuesto por microorganismos o bacterias. De esta forma, las plantas de enfriamiento están incorporando grandes flujos de materia orgánica degradable o detritus en la columna de agua en forma superficial, en los ecosistemas marinos del borde o litoral. Es probable que estos aportes de materia orgánica hayan generado impactos negativos para los procesos ecosistémicos, afectando la sobrevivencia de diferentes tipos de organismos, vía una reducción de los niveles de oxígeno en la columna de agua en las áreas de descargas o en los sedimentos en la vecindad de los puntos de descargas de la termoeléctricas (CEA 2019).

Dicho lo anterior, actualmente la Central Termoeléctrica Angamos se encuentra generando un impacto significativo no identificado en su proceso de evaluación inicial, el cual tiene que ver con los aportes de materia orgánica a los ecosistemas marinos, con sus respectivas consecuencias tanto para la calidad del agua como para la viabilidad de las poblaciones que actualmente habitan estos ecosistemas. De esta manera, el Titular deberá identificar correctamente este impacto, cuantificarlo y evaluarlo, además de proponer medidas de mitigación, reparación o compensación ambiental que se hagan cargo de esta alteración que el Titular lleva generando en la bahía por más de 10 años. Una vez identificado el impacto y las medidas de manejo, también se deberá determinar un plan de seguimiento ambiental con la finalidad de monitorear el comportamiento de esta variable e identificar si las medidas de manejo ambiental planteadas se hacen cargo realmente de los impactos generados al potenciar los episodios de anoxia e hipoxia en la bahía, tal como lo reconoció el Director Regional del Servicio de Evaluación Ambiental³².

Observación 10

Continuando con el tema de los aporte de materia orgánica a la bahía, es necesario especificar que si bien el titular ha argumentado en el proceso de revisión que no se adiciona ningún compuesto orgánico al ciclo de refrigeración, este no descarta la adición de materia orgánica a partir del contenido biológico de las aguas marinas que pasan a través del circuito de enfriamiento, ya que no existe ningún sistema que prevenga el ingreso de organismos planctónicos de tamaño reducido.

De esta manera, no se puede afirmar que el proyecto no aporta materia orgánica si no se evalúa adecuadamente la cantidad de microorganismos que ingresan al sistema de enfriamiento y la cantidad de materia orgánica fresca que se produce a partir de su muerte al salir de este.

La ubicación de la bocatoma (y el proyecto en general) está en un sector donde se presenta una alta productividad primaria a causa de los fenómenos de surgencia. Lo que implicaría una alta concentración de biomasa en el plancton que es succionado por el sistema de enfriamiento, el cual es descargado en los RILes como materia orgánica fresca lista para iniciar el proceso de descomposición. Dicho lo anterior, es necesario que el titular identifique la succión y emisión de biomasa como un impacto significativo dado el potencial efecto que

³² Expediente revisión de RCA por 25 quinquies de la Central Termoeléctrica Angamos. SEA, Carta consulta Titular Documento Digital N°: 20220210317 - Fecha: 07/01/2022, pág. 3.

este tiene sobre la supervivencia de los organismos acuáticos, además de los impactos que genera su descomposición en la calidad de la columna de agua, los sedimentos y la composición y estructura de las comunidades bióticas que componen los ecosistemas presentes en la bahía.

El titular deberá caracterizar este impacto, evaluarlo y proponer medidas de manejo ambiental (mitigación, reparación y compensación) que se hagan cargo de este impacto significativo, además de establecer un plan de seguimiento ambiental para dar cuenta de la evaluación de esta variable y determinar si las medidas de manejo ambiental se hacen cargo realmente de los impactos generados.

Observación 11

Dentro de la planta de enfriamiento de la Central Termoeléctrica Angamos, el proceso llamado bioincrustación se controla a través de un biocida, siendo generalmente cloro. Este elemento, se libera de forma continua, previniendo el adosamiento de organismos dentro del circuito de enfriamiento de la Central. A partir del estudio de la Revisión de la RCA N° 0290/2007, se detectó un aumento considerable en esta variable, pudiendo generar consecuencias en la diversidad, abundancia y ensambles de la biota marina.

A pesar de las bajas dosis empleadas, la cloración aún puede causar un impacto adverso, particularmente en el fitoplancton y otros organismos arrastrados al circuito de enfriamiento (Ebenezer et al., 2010)³³. Estudios han demostrado que el cloro residual liberado en los procesos de refrigeración posee un efecto tóxico en el fitoplancton, siendo este el contaminante más importante en la mortalidad de la biota. Así mismo, este elemento es el componente más importante en la reducción de la fijación de carbono en el océano contribuyendo al cambio climático (Videau et al., 1979³⁴, Lopez-Galindo et al., 2010³⁵), por lo que genera un impacto directo en el ambiente marino y la atmósfera. Ambos impactos deberían estar identificados, cuantificados y evaluados correctamente dentro del proyecto, con sus respectivas medidas de manejo ambiental y plan de seguimiento.

Estudios realizados sobre los efectos de la cloración de las termoeléctricas sobre organismos bivalvos comerciales como los Mejillones (*Mytilus edulis*), demuestran como consecuencia una disminución de la tasa de crecimiento y talla de la población de esta especie, siendo menor que la de una población natural inmediatamente fuera de la ingesta de agua de enfriamiento (Thompson et al., 2000³⁶).

³³ Ebenezer, V, V Venugopalan, y P Veeramani. «Chlorination for power plant biofouling control: potential impact on entrained phytoplankton.» International Journal of Environmental Studies, 2010.

³⁴ Videau, C, M Khalanski, y M Penot. «Preliminary results concerning effects of chlorine on monospecific marine phytoplankton.» Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1979.

³⁵ Lopez-Galindo, C, C Garrido, J Casanueva, y E Nebot. «Degradation models and ecotoxicity in marine waters of two antifouling compounds: Sodium hypochlorite and an alkylamine surfactant.» Science of the Total Environment, 2010.

³⁶ Thompson, E, C Richardson, R Semilla, y G Walker. «Quantification of mussel (*Mytilus edulis*) growth from power station cooling waters in response to chlorination procedures.» The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research, 2000.

Observación 12

Cuando se presenta un exceso de cloro libre residual en el ambiente se pueden presentar efectos nocivos sobre la biodiversidad debido a su naturaleza letal sobre individuos pequeños, como lo son las larvas de distintas especies marinas. Se ha descrito que valores sobre los 0,2 mg/L de cloro aumentan considerablemente la mortalidad de estas especies³⁷. Lo que implicaría efectos nocivos sobre el ecosistema local, debido a la disminución en el reclutamiento para los siguientes estados de desarrollo, afectando la mantención de las especies.

Se suele argumentar que este compuesto presenta una rápida tasa de degradación en el agua de mar, sin embargo esto ocurre solo durante las primeras horas, volviéndose muy lenta posteriormente³⁸³⁹⁴⁰ lo que propicia su acumulación y explicaría su presencia en el ambiente, como se demuestra en los monitoreos ambientales de medio marino del Plan de Vigilancia Ambiental. Además, en el Informe Técnico presentado por el Titular en el proceso de revisión, se indica que no hay ningún sistema de monitoreo para registrar actualmente los niveles de cloro. Dado esto, se solicita colocar un dispositivo de monitoreo para mantener un registro continuo del nivel de CLR en el agua que ingresa al sistema de refrigeración previo a la dosificación, para que esta sea de acuerdo al contenido preexistente en el agua y no sobrecargar las descargas de cloro.

Componente comunidades submareales

Observación 13

Como se observó dentro del proceso de revisión de los monitoreos de las comunidades submareales, si se compara la línea de base realizada el año 2006 con información levantada en los monitoreos, se puede observar en agosto 2018 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*. Entre estas, destaca la desaparición de especies con importancia comercial, como *Eurhomalea rufa*, la almeja, y *Aulacomya atra*, la cholga.

Por otra parte, al revisar 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, resulta que en el informe del 2018, no se registró *Atrimitria orientalis* (*sin: Mitra orientalis*), *Pagurus edwardsii*, *Hemipodia simplex*, *Plathynereis australis*, *Nematoda*, *Capitellidae*, *Ophelidae* y *Pisionidae*.

De los datos expuestos, existe evidencia suficiente que demuestra que las comunidades de

³⁷ Rosales-Casián, J. A. (1990). Effect Of Seawater Chlorination On The Survival And Growth Of Grunion (*Leuresthes Tenuis* Ayres) Larvae, In Laboratory Conditions. *Ciencias Marinas*, 16(2), 31–46.

³⁸ Wong, G.T.F. and Davidson, J.A. (1977). The fate of chlorine in sea-water. *Water Res.*, 11: 971-978.

³⁹ Wong, G.T.F. (1982). Factors affecting the amperometric determination of trace quantities of total residual chlorine in seawater. *Environ. Sci. Technol.*, 16: 785-790.

⁴⁰ Wong, G.T.F. and Oatts, T.J. (1984). Dissolved organic matter and the dissipation of chlorine in estuarine water and seawater. *Water Res.*, 18: 501-504.

la macrofauna bentónica han tenido una variación sustantiva desde que se evaluó este proyecto y el presente. Así, se logra documentar la pérdida de al menos 14 de las 56 especies originales, así como también un reemplazo de las especies originales resultando en un incremento en la diversidad de poliquetos en desmedro de la diversidad de los demás grupos taxonómicos.

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, que al ser mayormente detritívoras (que se alimentan de la materia orgánica contenida en el sedimento).

En 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 identificadas como indicadores de contaminación, entre las que se encuentran la almeja y la cholga, de importancia comercial.

Dado que este componente sufrió variaciones significativas, cuando lo proyectado era la mantención de los índices de biomasa y abundancia de biodiversidad submareal, es necesario que se evalúen correctamente las alteraciones que el proyecto genera sobre estas comunidades, de manera de mitigar, reparar o compensar los impactos, considerando que la modificación del ensamble de especies, existiendo cambios entonces en las dinámicas espaciales y temporales, y en la sensibilidad a las alteraciones. Además, dado la importancia comercial de la almeja y la cholga para la bahía de Mejillones, es necesario que se establezcan medidas dirigidas exclusivamente a la recuperación de estas especies.

Componente Sedimentos Submareales

Observación 14

De acuerdo a la línea base del medio marino del EIA del proyecto Central Termoeléctrica Angamos, la profundidad de las estaciones de muestreo se encontraban entre 23 metros y 49 metros. Dos de ellas, SED-1 y SED-3, tuvieron profundidades de 23 y 26 metros respectivamente. SED-2 presentó 34 metros, mientras que SED-4, SED-5 y SED-6 presentaron profundidades de 41, 42 y 49 metros respectivamente⁴¹:

⁴¹ Elaboración propia a partir de la información entregada por el titular en línea de base Central Termoeléctrica Angamos 2006; Programa de Vigilancia Ambiental Central Termoeléctrica Angamos, Monitoreo Semestral 2006 y Informe Programa de Vigilancia Ambiental-Fase Operación Central Termoeléctrica Angamos. Campaña N°15. Monitoreo Agosto 2018.

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

Tabla 16. Profundidad de las estaciones de muestreo de sedimentos en la Línea Base del proyecto (2006) y el monitoreo del año 2018. Se muestra también la profundidad promedio de las seis estaciones monitoreadas en cada año⁶⁷.

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. 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 profundidad⁴².

Debido a este cambio significativo en la profundidad del fondo marino, es necesario que el Titular vuelva a identificar el comportamiento de las variables bajo este nuevo escenario, incorporando este nuevo escenario en la identificación y valoración de los impactos que es susceptible de generar por la operación del proyecto en el ambiente marino.

Observación 15

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 primaria⁴³. De esa forma, se verifica una variación sustantiva en el componente de sedimentos submareales, al verse alteradas su composición granulométrica y disminuido la profundidad del fondo marino de las estaciones de monitoreo, en relación a la línea de base y lo proyectado.

Esta disminución en la profundidad de la columna de agua en las estaciones monitoreadas podría deberse al gran aporte de detritus por parte de los circuitos de refrigeración de la Central, que utilizan agua de mar para enfriar sus sistemas, causando la muerte de los organismos que son succionados por este, teniendo como consecuencia un aumento en la

⁴² Palma, S., & Apablaza, P. (2004). Abundancia estacional y distribución vertical del zooplancton gelatinoso carnívoro en una área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Investigaciones Marinas*, 32(1), 49-70.

⁴³ Chou, L. M., Yu, J. Y., & Loh, T. L. (2004). Impacts of sedimentation on soft-bottom benthic communities in the southern islands of Singapore. *Hydrobiologia*, 515(1), 91-106.

carga de materia orgánica contenida en el agua descargada⁴⁴. Igualmente, este exceso de materia orgánica que se deposita en los sedimentos genera un aumento en la demanda de oxígeno para su descomposición, lo cual, cuando es combinado con la estratificación física, lleva a crear fondos anóxicos y a producir mortandad de otros individuos. La remineralización de los nutrientes en el fondo, durante los procesos de descomposición, hace del fondo marino una fuente continua o gradual y adicional de nutrientes, que podría inducir a la eutroficación de las aguas. La fauna bentónica puede ser cubierta con las partículas de sedimentos y desaparecer, afectando el reclutamiento de especies.

Esta variación sustantiva en las condiciones del fondo marino, tanto en la profundidad como en la granulometría de los sedimentos deben ser considerados por el Titular al momento de evaluar sus alteraciones al medio marino. Se hace necesario que el titular identifique sus aportes de materia orgánica al medio marino y evalúe la significancia de este impacto, con la finalidad de hacerse cargo del impacto que esto genera en las diferentes variables ambientales tanto de la columna de agua, los sedimentos y las comunidades bióticas a través de medidas de mitigación, reparación y compensación, y planes de seguimiento que permitan identificar el comportamiento de esta variable.

Observación 16

La composición de los sedimentos es muy importante en la dinámica de los contaminantes que se emiten en la bahía. Por ejemplo, los metales pesados, pesticidas y otros contaminantes que puedan ser liberados en la columna de agua forman uniones químicas con las partículas de sedimento, acumulándose en el tiempo y posteriormente, a causa de corrientes de fondo u otros fenómenos que remueven los sedimentos, pueden ser nuevamente liberados al ambiente en concentraciones mucho más altas a las originales. Generalmente estas interacciones sedimento-contaminante permite entre otras cosas (i) transformaciones químicas de los contaminantes que alteran su nivel de toxicidad, (ii) transformaciones químicas de los contaminantes que permiten que estos se encuentren disponibles para ser absorbidos por los organismos o que aumentan la tasa de absorción de dicho contaminantes, esto sucede principalmente cuando los contaminantes se asocian con la materia orgánica contenida en los sedimentos. Y según su biodisponibilidad, estos pueden ser consumidos por organismos detritívoros o filtradores y acumularse en la cadena trófica.

Por lo que también el aumento en la proporción de la materia orgánica contenida en los sedimentos es un factor de riesgo que debe ser evaluado con respecto a la actividad de la Central. Esto sumado a que sus RILes tienen la característica de contener potencialmente metales pesados provenientes de la interacción del agua de mar con las estructuras metálicas del sistema de enfriamiento, y los que puedan llegar a depositarse en el mar producto de sus emisiones aéreas.

⁴⁴ Centro de Ecología Aplicada (2019). Diagnóstico y monitoreo ambiental de la Bahía Mejillones del Sur. Informe Final. Código BIP 30126368. Gobierno Regional Región de Antofagasta.

Observación 17

Según lo constatado en la solicitud de revisión, los tamaños medianos de las partículas sedimentarias muestran que los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores oscilan entre arena mediana y arena muy fina, con algunas estaciones con predominio de arenas finas, evidenciándose, si se comparan los resultados del 2006 y 2018, una variación sustantiva de la granulometría.

Considerar esta variación sustantiva en los sedimentos es imprescindible para identificar y evaluar correctamente los impactos que el proyecto es susceptible de generar en el medio marino, ya que los sedimentos condicionan en gran parte de las dinámicas e interacciones que se generan entre el medio biótico y abiótico en el fondo marino. El tipo de sedimento condiciona la estabilidad de las comunidades y su estructuración en el fondo marino al afectar, entre otras cosas, las capacidades de recolonización del sitio, principalmente por bivalvos y gastrópodos, afectando su posibilidad de recuperarse frente a una perturbación^{45,46}.

⁴⁵Cooper, K. M., Curtis, M., Wan Hussin, W. M. R., Barrio Froján, C. R. S., Defew, E. C., Nye, V., & Paterson, D. M. (2011). Implications of dredging induced changes in sediment particle size composition for the structure and function of marine benthic macrofaunal communities. En *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 62, Issue 10, pp. 2087–2094). Elsevier BV.

⁴⁶Wu, R. S. S., & Shin, P. K. S. (1997). Sediment characteristics and colonization of soft-bottom benthos: a field manipulation experiment. En *Marine Biology* (Vol. 128, Issue 3, pp. 475–487). Springer Science and Business Media LLC.