

EN LO PRINCIPAL: Solicita instrucción de procedimiento de revisión de Resolución Exenta N°0145/2007 que calificó favorablemente el proyecto “Central Térmica Andino”, de conformidad al artículo 25 quinquies de la Ley 19.300. **EN EL PRIMER OTROSÍ:** Acompaña documentos. **EN EL SEGUNDO OTROSÍ:** Téngase por apoderado de acuerdo al artículo 22 de la Ley 19.880. **EN EL TERCER OTROSÍ:** Forma de notificación.

Santiago, 9 de marzo 2023

Señor,

Ramón Guajardo Perines

Director Regional Servicio de Evaluación Ambiental

Región de Antofagasta

MARCOS NICOLÁS EMILFORK ORTHUSTEGUY, abogado, cédula de identidad número 18.144.588-2 y **ANTONIA BERRÍOS BLOOMFIELD**, abogada, cédula de identidad número 18.119.016-7, en representación, según se acreditará, de **SABA ESTER GALINDO GACITÚA**, relacionadora pública, cédula de identidad número 15.900.593-3, domiciliada en pasaje O’Higgins 067, comuna de Mejillones, región de Antofagasta; de **MANUEL JESÚS CARVAJAL DONOSO**, estudiante, cédula de identidad número 15.024.351-3, domiciliado en Granaderos 345, comuna de Mejillones, región de Antofagasta; y de **CLAUDIO ANDRÉS ROJAS CAVIERES**, artesano, cédula de identidad 16.874.253-3, domiciliado en Bernardo O’Higgins 700, comuna de Mejillones, región de Antofagasta, por si mismo y en representación de **AXE TIM BAUE**, rol único tributario 65.073.100-k, domiciliada en Bernardo O’Higgins 700, comuna de Mejillones, región de Antofagasta; respetuosamente venimos en solicitar la revisión de la Resolución de Calificación Ambiental N°0145/2007 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la II Región de Antofagasta, que califica ambientalmente el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Central Térmica Andino”, de ENGIE Energía Chile S.A., de acuerdo al artículo 25 quinquies de la Ley N.º 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, de conformidad a los antecedentes de hecho y de derecho que exponemos:

I. ANTECEDENTES GENERALES

1. Proyecto Central Térmica Andino

El Proyecto Central Térmica Andino de ENGIE Energía Chile S.A. (en adelante “ENGIE” o “EECL”), calificado ambientalmente favorable con la RCA Res. Ex. N°0145 del año 2007¹, se ubica en la comuna de Mejillones, en la Región de Antofagasta. El proyecto cuenta con dos unidades de generación térmica de 200 MW netos y un Terminal de Descarga de Petróleo Diésel en la Bahía de Mejillones, con una vida útil de 50 años.

Las unidades CTA1 y CTA2 fueron aprobadas para generar electricidad usando 100% de petcoke o 100% de carbón, o una mezcla de ambos, produciendo vapor en dos calderas del tipo lecho fluidizado circulante (CFB), que se expande en una turbina de vapor y produce energía eléctrica conectada a un generador. El vapor se condensa al enfriarse con agua de mar. El año 2010, el titular obtuvo la RCA Res. Ex. N°69/2010, donde incorpora un embarcadero, uso de biomasa como fuente de energía y Depósito de Cenizas Central Térmica Andino. El proyecto cuenta con una central, un terminal de descarga de petróleo diesel, sistema de aguas y RILes.

Se revisó la información contenida en la Línea Base del Medio Marino del Estudio de Impacto Ambiental, la Declaración de Impacto Ambiental, sus adendas y los Planes de Vigilancia (PVA) asociados al Proyecto Central Térmica Andino, RCA N°145/2007, disponibles en las plataformas web del SEA y SNIFA.

En la presente solicitud, se seleccionaron variables de seguimiento asociadas con los componentes calidad del aire, fauna submareal, sedimentos marinos y calidad del agua. Las estaciones de monitoreo se corresponden con las caracterizadas en la Línea Base Medio Marino que quedaron establecidas en la RCA N°145/2007 (Fig. 1).

¹ Ver en: https://seia.sea.gob.cl/archivos/EIA/2013102201/EIA_1506312_DOC_2128731009_-1.pdf.

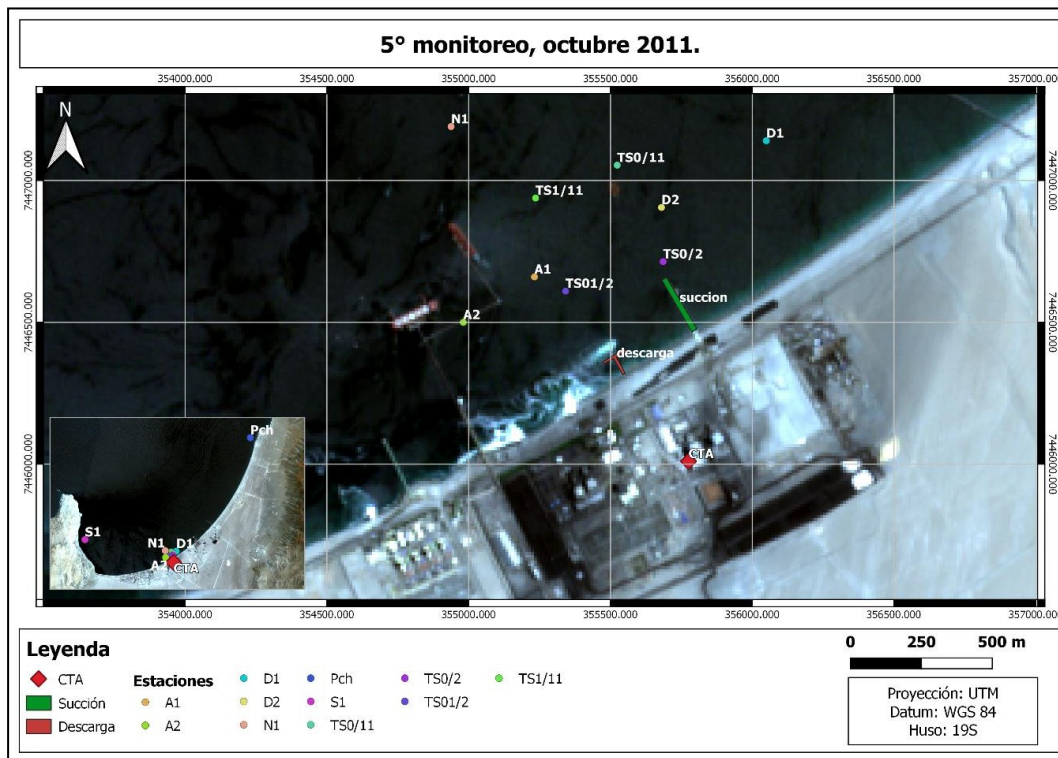


Figura 1. Proyección UTM de la Central Térmica Andino (CTA) en la bahía de Mejillones, los ductos de succión (en verde) y descarga (en rojo) y las nueve estaciones de monitoreo en el área de influencia del proyecto. Se incluye una imagen inserta, donde se aprecia la ubicación de dos estaciones de monitoreo más distantes, que se posteriormente son incluidas en los monitoreos y se consideran referenciales y fuera de influencia del proyecto: S1 (en rosado) y Pch (en azul). Fuente: Informe Plan de Vigilancia Ambiental, 5°, octubre 2011.

2. La calidad de “directamente afectados” de los solicitantes

De acuerdo al artículo 25 quinquies de la Ley 19.300 se encuentran legitimados para solicitar la resolución de calificación ambiental (i) la administración, actuando de oficio, (ii) el titular del proyecto o (iii) el directamente afectado. La noción de “directamente afectado” es utilizada por la legislación ambiental en diversas disposiciones. Así el artículo 30 bis de la ley 19.300 que regula la solicitud de participación ciudadana en las declaraciones de impacto ambiental establece que esta podrá ser requerida a la autoridad ambiental por “dos organizaciones ciudadanas con personalidad jurídica, a través de sus representantes, o como mínimo diez personas naturales directamente afectadas”. En este mismo sentido el artículo

53 de la misma ley concede acción indemnizatoria en casos de responsabilidad por daño ambiental al “directamente afectado”.

Por persona directamente afectada debemos entender a los sujetos en los cuales incide el proyecto de forma inmediata en la esfera de sus intereses. En función de la noción de afectación directa la jurisprudencia ha utilizado como uno de los criterios a considerar la distancia de la residencia de la persona con el lugar donde se emplaza el proyecto².

Es posible establecer mediante una interpretación sistemática que la legislación ambiental utiliza dicho concepto en los supuestos en los que se exige la existencia de una vinculación con los hechos y en este sentido actúa como contraposición a los supuestos en los cuales es posible asistir en protección de intereses difusos o generales.

En esta línea, Jorge Bermúdez plantea la teoría del “entorno adyacente”:

“Como solución a este problema se propone la idea de un medio ambiente vinculado o relacionado al ser humano, que resulta necesario para que éste desarrolle sus potencialidades. Por tal debe entenderse aquella porción de extensión variable del entorno o medio que se encuentra de forma adyacente al ser humano, la cual no se reduce a su residencia ni lugar en que desarrolla sus actividades, no sólo es su entorno inmediato necesario para la vida. Por el contrario, el medio ambiente al que se refiere el art. 19 N°8 CPR es el que aquí se propone como “entorno adyacente”, que es el lugar necesario para que el individuo se desarrolle. Es decir, el espacio que él necesita para poder desplegar sus capacidades, en definitiva, el entorno relacionado al individuo, necesario para alcanzar la mayor realización espiritual y material posible que asegura el art. 1 inc. 4º CPR.”³

De acuerdo a esta idea, para la determinación de la afectación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, en tanto derecho colectivo y difuso, es necesario considerar el ámbito geográfico donde la colectividad a la que pertenece el solicitante ejerce sus actividades y despliega sus capacidades, es decir, donde habitan.

² “Albornoz con Sociedad Maderera de Aysén”, Corte de Apelaciones de Coyhaique de 28 de diciembre de 1992 (confirmada por la Corte Suprema el 19 de enero de 1993).

³ BERMÚDEZ SOTO, Jorge, “Fundamentos de Derecho Ambiental”, p.123.

El Segundo Tribunal Ambiental en Causa Rol N°6-2013 reconoció un interés en quienes habitan o desarrollan sus actividades en el área de influencia de un proyecto, tal como es el caso presente:

Décimo séptimo: Que, además, tanto las sociedades agrícolas denunciadas como a las comunidades diaguítas que se hicieron parte en el proceso administrativo sancionatorio, les asiste otra razón para ser consideradas como “directamente afectados” por la Resolución Exenta N° 477. Lo anterior, en atención a su condición de personas que habitan o desarrollan sus actividades dentro del área de influencia del proyecto. Para desarrollar este segundo ámbito por el cual los interesados también se han visto directamente afectados por la resolución reclamada, es necesario tener presente el contexto dentro del cual la SMA ha fiscalizado y sancionado a la Compañía infractora por diversos cargos, entre los cuales se encuentran incumplimientos a la RCA del proyecto. La RCA contiene condiciones, normas y medidas para proteger los componentes ambientales y la salud de las personas, componentes que a su vez se vinculan con los derechos e intereses de quienes pueden verse afectados por estar dentro del área de influencia del Proyecto. Por lo tanto, en la medida que en este caso existe una relación entre las condiciones, normas y medidas establecidas en la RCA, las infracciones acusadas, y el desarrollo de la vida y actividades de las personas que habitan o utilizan los recursos hídricos del área de influencia del proyecto, se puede decir que estas personas ostentan la calidad de directamente afectadas por la resolución que pone término al proceso sancionatorio.

Quienes suscriben la presente solicitud son personas vecindadas en la Comuna de Mejillones, donde han vivido gran parte de sus vidas y por ese mero hecho se encuentran expuestos a los efectos nocivos de las centrales termoeléctricas en base a carbón, entre ellas, Central Térmica Andino. Son por lo tanto habitantes del entorno adyacente donde se producen los efectos de la acción ilegal recurrida en este acto, que es también el espacio físico donde ejercen sus derechos actualmente vulnerados por la misma.

Siendo varios de ellos, pescadores artesanales o buzos que desarrollan sus actividades económicas en las aguas de esta playa, y todos ellos susceptibles de afectación por la contaminación que sufre la población aledaña a la bahía, donde se sitúa el complejo industrial de Mejillones y todas las centrales termoeléctricas en base a carbón. Entre los interesados además figuran prestadores de servicios turísticos, quienes paulatina y sistemáticamente han ido resintiéndose los perjuicios en el desarrollo de su actividad comercial. El resto de los interesados, recurren en su calidad de ciudadanos y habitantes de la comuna de Mejillones.

A mayor abundamiento, al ser el proceso de revisión de la resolución de calificación ambiental un proceso administrativo, le es aplicable la Ley 19.880 de Bases Generales del Procedimiento Administrativo de forma supletoria y directa (en tanto no es un procedimiento que la Ley 19.300 regule en detalle). Por ello que también es posible acudir a dicho estatuto general para esclarecer la calidad de “directamente afectado”.

Se consideran como interesados en dicho procedimiento de acuerdo al artículo 21:

1. Quienes lo promuevan como titulares de derechos o intereses individuales o colectivos.
2. Los que, sin haber iniciado el procedimiento, tengan derechos que puedan resultar afectados por la decisión que en el mismo se adopte.
3. Aquéllos cuyos intereses, individuales o colectivos, puedan resultar afectados por la resolución y se apersonen en el procedimiento en tanto no haya recaído resolución definitiva.

De acuerdo a esta normativa, se considerarán como interesados en un procedimiento administrativo de acuerdo a un criterio amplio, siendo estos titulares de derechos o aquellos cuyos intereses pueden resultar afectados. Así, quienes suscriben y promueven el presente procedimiento administrativo, como personas naturales que habitan y realizan su vida en la comuna de Mejillones, son poseedores del derecho colectivo a vivir en un medio ambiente libre de contaminación del artículo 19 número 8 de nuestra Constitución y que motiva la facultad preventiva de protección ambiental del Servicio de Evaluación Ambiental, manifestada en la facultad de revisión de la RCA del artículo 25 quinquies.

3. Proyecto en ejecución

El artículo 25 quinquies de la Ley 19.300 continúa indicando que “la Resolución de Calificación Ambiental podrá ser revisada, excepcionalmente, de oficio o a petición del titular o del directamente afectado, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado o no se hayan verificado, todo ello con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones”. Así de la redacción del artículo es posible establecer que el proyecto requiere estar en ejecución para que la revisión de la Resolución de Calificación Ambiental sea procedente.

El proyecto “Central Térmica Andino” se encuentra actualmente en estado de ejecución, tal como se colige de las actividades de seguimiento y monitoreos que aparecen en la ficha de

seguimiento ambiental⁴ en la que constan actividades de monitoreo desde el año 2010. Lo mismo puede observarse en la ficha de la unidad fiscalizable en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, en la que aparecen consignadas actividades de seguimiento y fiscalización desde el año 2014 a 2022⁵.

II. ANTECEDENTES DE FONDO

1. Plan de Seguimiento de las Variables Ambientales en la RCA

El artículo 25 quinquies de la Ley 19.300 establece la necesidad de que las variables ambientales contempladas en el plan de seguimiento de la RCA evolucionen de acuerdo a lo contemplado por el titular y lo aprobado por los organismos sectoriales, con el objetivo de que las medidas de mitigación, compensación y reparación propuestas tengan el efecto e idoneidad deseadas. En tal sentido, cuando las variables monitoreadas no tienen el comportamiento proyectado, el plan de medidas de mitigación, compensación y reparación carece de toda efectividad.

El Plan de Seguimiento corresponde a un instrumento que “tiene por finalidad asegurar que las variables ambientales relevantes que fueron objeto de evaluación ambiental, evolucionan según lo proyectado” (artículo 105 del Reglamento del SEIA). Al respecto, la Resolución Exenta N°223/2015 de la Superintendencia del Medio Ambiente indica en su artículo primero las ‘bases del seguimiento ambiental’, en el cual se señala que la elaboración de un plan de seguimiento deberá contener (i) el componente y subcomponente ambiental, cuando corresponda; (ii) la variable a evaluar y (iii) los parámetros que serán medidos con dicho propósito. La misma norma define componente ambiental como aquel “elemento constituyente del medio ambiente, siendo estos: agua, aire, suelo, biota y medio humano”⁶. Asimismo, define ‘subcomponente ambiental’ como aquella “parte o dimensión constituyente de un componente ambiental”⁷. Seguidamente, por ‘variable ambiental’ entiende como aquel “atributo, característica o propiedad de naturaleza física, química, biológica y/o sociocultural, relativa a los componentes y subcomponentes ambientales, cuyo seguimiento y control permite caracterizar su estado y/o evolución”⁸.

⁴ https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesSyF.php?id_expediente=1506312&idExpediente=1506312 [Visita: 23/02/2023]

⁵ <https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable/Ficha/705> [Visita: 23/02/2023]

⁶ Superintendencia del Medio Ambiente, Resolución Exenta N°223 del año 2015 que dicta instrucciones generales sobre la elaboración del Plan de Seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al Sistema Electrónico de Seguimiento Ambiental, artículo 2 letra a).

⁷ Ibid., letra b).

⁸ Ibid., letra c).

De acuerdo a la Guía de Evaluación de Impacto sobre la Biodiversidad del SEA, en términos generales, la evaluación de impacto ambiental “se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad a ejecutarse, y en cómo éstas alteran los componentes del medio ambiente involucrados”⁹. De esa forma, sobre la base que un proyecto altera de alguna forma los componentes del medio ambiente involucrados en su área de influencia, el SEIA tiene como fin definir la magnitud de este impacto, para efectos de determinar si estos producen un efecto, característica o circunstancia significativa (enlistadas en el artículo 11 de la ley 19.300) para, en el caso de producirse, adoptar medidas para mitigar, reparar, o bien, compensar dichos efectos adversos del proyecto o actividad. Para efectos de determinar todo lo anterior, “tal ejercicio se realiza previo a la ejecución del proyecto o actividad y, por tanto, se basa en una predicción de la evolución de los componentes ambientales en los escenarios con y sin proyecto”¹⁰. Así, la composición del Plan de Seguimiento apunta al monitoreo de los componentes del medio ambiente sobre los cuales incide el proyecto, cuyo objetivo es verificar que el impacto que el proyecto produce sobre estas variables -una vez mitigado, compensado o reparado-, se comporte de acuerdo a la forma que es proyectada. El Plan de Seguimiento permite monitorear el comportamiento de la variable por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y, por parte del SEA, revisar si su comportamiento difiere del proyectado en la evaluación de impacto ambiental.

En ese sentido, el artículo 38 del RSEIA, a propósito del contenido del Informe consolidado de solicitud de aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones- señala en su letra i) “Las asociadas a determinar si el plan de seguimiento es adecuado para verificar que el medio ambiente se comporte de acuerdo a la predicción realizada”. De esta forma, se agrega una exigencia de valoración por parte del Servicio de Evaluación Ambiental a que el Plan de seguimiento sea adecuado para determinar que las variables se comporten de acuerdo a la predicción realizada en cada componente ambiental.

El antiguo reglamento del SEIA (DS 95/2001), norma vigente y, por ende, aplicable al momento de la evaluación ambiental del proyecto “Central Térmica Andino”, establecía la descripción del contenido de los planes de seguimiento y su rol como requisito básico de todo Estudio de Impacto Ambiental. El artículo 12, que se refiere a los requisitos de los EIA, señalaba:

⁹ Servicio de Evaluación Ambiental (2014) Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA. ISBN: 978-956-9076-19-0, [en línea] Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/reportes/2016/guia_compensacion_biodiversidad.pdf [fecha de consulta: 23/02/2023], página 12.

¹⁰ Ibid.

Artículo 12, letra i) Un Plan de Seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental, de conformidad a lo establecido en el Párrafo 2º del Título VI de este Reglamento.

Asimismo, dicho plan deberá contener, cuando sea procedente, para cada fase del proyecto o actividad, el componente del medio ambiente que será objeto de medición y control; el impacto ambiental asociado; la ubicación de los puntos de control; los parámetros que serán utilizados para caracterizar el estado y evolución de dicho componente; los niveles cuantitativos o límites permitidos o comprometidos; la duración y frecuencia del plan de seguimiento para cada parámetro; el método o procedimiento de medición de cada parámetro; el plazo y frecuencia de entrega de los informes del plan de seguimiento a los organismos competentes; la indicación del organismo competente que recibirá dicha documentación, y cualquier otro aspecto relevante.

El Plan de seguimiento deberá presentarse bajo la forma de una ficha, tabla o cuadro con los contenidos a que se refiere el inciso anterior.

El artículo 63 de dicho cuerpo legal, por su parte, describe la finalidad que debe perseguir un plan de seguimiento ambiental:

Artículo 63.- El Plan de Seguimiento Ambiental de un proyecto o actividad tiene por finalidad asegurar, que las variables ambientales relevantes que dieron origen al Estudio de Impacto Ambiental evolucionan según lo establecido en la documentación que forma parte de la evaluación respectiva.

Las normas anteriores configuran el bloque normativo que regula el contenido y la finalidad de los Planes de Seguimiento, que en síntesis consiste en un instrumento que consigna el comportamiento del componente ambiental evaluado, medido a través de indicadores definidos en la evaluación, con la finalidad de determinar por medio de las actividades de monitoreo y seguimiento, si es que la variable asociada evolucionó de la forma proyectada por la RCA.

Resulta evidente que para analizar un Plan de Seguimiento es necesario entender previamente cuál es el impacto predicho por el proyecto y cuáles fueron las medidas de mitigación, reparación y compensación adoptadas para hacerse cargo de ellos, pues a través del seguimiento y monitoreo lo que en esencia busca establecerse si es que el impacto del proyecto no se produjo, se minimizó o, en definitiva si se produjo; si logró ser reparado; o si se produjo el efecto positivo equivalente al negativo, en el caso de las medidas de compensación; esto es, que la variable ambiental evolucione de acuerdo a lo proyectado en

la evaluación ambiental. En este sentido, el Plan de Seguimiento sirve como fundamento de la revisión como herramienta correctiva de las condiciones proyecto, persiguiendo su eficacia, más allá de si ellas se encuentran o no cumplidas por el titular, lo que cae en el ámbito competencial de la SMA.

Lo anterior cobra relevancia, pues se puede observar que en el expediente de evaluación del proyecto Central Térmica Andino– así como la gran mayoría de los proyectos evaluados con anterioridad a la reforma del SEIA mediante la Ley 20.417 –, el formato, metodología y contenido del plan de seguimiento es bastante permisivo, lo que implica que es difícil de entender por si mismo sin algo de contexto.

El la RCA del proyecto Central Térmica Andino se presenta el Plan de Seguimiento compilado, el acto sintetiza la información entregada mediante el EIA y las 3 Adendas¹¹.

Respecto al componente calidad del aire, se establece el monitoreo de las emisiones de diferentes contaminantes, para la fase de operación del proyecto: dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), níquel (Ni), partículas totales en suspensión (PTS), material particulado 10 (PM-10), dióxido de nitrógeno (NO₂), y vanadio (V).

Fase de operación:

Componente	Parámetros a monitorear
Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de SO₂ • Emisión de NO_x, Ni y PTS • NO₂ • PM₁₀, V

Respecto al medio marino, se propone el monitoreo de distintos parámetros respecto a los componentes calidad del agua, comunidades submareales e intermareales y sedimentos marinos, como se presenta a continuación:

Fase de construcción:

Componente	Parámetros a monitorear
Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos Suspendidos Totales • Sólidos sedimentables • Hidrocarburos Totales • Aceites y Grasas,

¹¹ RCA 0145/2007, páginas 38 y siguientes.

	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono Orgánico Total • Hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos • Cloro libre residual • Carbono orgánico particulado • Níquel • Vanadio • Temperatura superficial y subsuperficial del mar • pH • Salinidad • Concentración de oxígeno
Comunidades submareales e intermareales	<ul style="list-style-type: none"> • Índices comunitarios y ecológicos (S, H' y J') • Cobertura porcentual • Riqueza • Curvas ABC, para los análisis Comunitarios

Fase de operación:

Componente	Parámetros a monitorear
Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos Totales • Carbono orgánico Total • Temperatura • Oxígeno disuelto • pH • Hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos • Cloro libre residual • Níquel • Vanadio • Salinidad • Carbono orgánico particulado
Comunidades submareales e intermareales	<ul style="list-style-type: none"> • Índices comunitarios y ecológicos (S, H' y J') • Cobertura porcentual • Riqueza

	<ul style="list-style-type: none"> • Curvas ABC, para los análisis Comunitarios
Sedimentos marinos	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de la Granulometría • COT • HT • Níquel • Materia orgánica • vanadio

En la fase de operación, adicionalmente se considera el monitoreo de columna de agua y sedimentos en un punto en el sector del flexible de la descarga de combustible y otro situado a media distancia entre este punto y el inicio del terminal de descarga, midiendo los parámetros de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos totales. Se indica también que, para esta fase, se realizarán os monitoreos al año (abril y octubre) durante los tres primeros años de operación, para luego evaluar con la autoridad, de acuerdo a los resultados obtenidos durante los tres primeros años, la modificación de las variables medidas. Por último, no hace mención sobre el Plan de Seguimiento asociado a la fase de cierre.

2. La situación actual: Variaciones sustantivas en las variables asociadas al medio ambiente

2.1. Sobre cómo las variables ambientales pueden sufrir modificaciones en el tiempo

La razón de la excepcionalidad del procedimiento de revisión se justifica en todas aquellas situaciones en que las variables evaluadas hayan “variado sustantivamente en relación a lo proyectado”, o bien, que “no se hayan verificado”¹². El Ordinario N°150584 que “Imparte instrucciones en relación al artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300 y al artículo 74 del D.S. N° 40/2012, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental” del SEA, entiende que las variables “corresponden sólo a aquellas que fueron objeto de evaluación y contempladas en el Plan de Seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas y que están relacionadas con el componente del medio ambiente que es objeto de medición y control¹³”.

Añade luego que las variables ambientales pueden ser de naturaleza física, química, biológica y/o sociocultural, señalando -a modo ejemplar- la calidad del agua, aire, tipos de especies

¹² Servicio de Evaluación Ambiental. Ordinario N°150584 que “Imparte instrucciones en relación al artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300 y al artículo 74 del D.S. N° 40/2012, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, del 25 de marzo de 2015. Página 3.

¹³ Ibidem.

protegidas, cantidad y tipos de hallazgos arqueológicos, niveles de ruido, entre otras. En el mismo sentido, la Resolución Exenta N°223/2015 define en su artículo segundo como 'variable ambiental' aquel "atributo, característica o propiedad de naturaleza física, química, biológica y/o sociocultural, relativa a los componentes y subcomponentes ambientales, cuyo seguimiento y control permite caracterizar su estado y/o evolución".

De acuerdo al Ordinario N°150584/2015, se entiende que un variable ha variado sustantivamente en relación a lo proyectado cuando: "se generen nuevos impactos ambientales o un aumento significativo en la extensión, magnitud o duración de los impactos ambientales asociados a dichas variables¹⁴". Por otro lado, se entiende que una variable no se verificado cuando "habiéndose establecido condiciones o medidas sobre ella, una vez ejecutado el proyecto o actividad, ella no hubiere acontecido"¹⁵. Se desprende de los supuestos anteriores que el objetivo del monitoreo es verificar, a lo largo de la vida útil del proyecto, que el impacto sobre el componente ambiental se mantenga de acuerdo a lo proyectado, evitando que este pueda variar, o bien, que no se comporte de la forma esperada.

En relación a lo anterior, es necesario destacar la idea de que una variación sustantiva se produce cuando se generan impactos no previstos o se manifiesta un aumento en la extensión, magnitud o duración de los impactos previstos, todo en relación a lo proyectado en la evaluación ambiental. De ello puede extraerse que una variable ambiental puede sufrir variaciones por tres razones: primero, cuando el propio componente ambiental sufra una alteración en su comportamiento que era imprevisible al momento de la evaluación y que deriva en que el impacto previsto se modifique, o bien, que se genere un impacto nuevo. Segundo, que el resultado de la aplicación de las medidas de mitigación, reparación y compensación sobre una variable sea significativamente distinto del resultado proyectado y, por ende, el impacto asociado sea distinto del previsto. Y tercero, cuando la normativa que regula un componente ambiental califique de forma distinta una actividad, producto de lo cual se puede verificar la existencia de un impacto nuevo que requiere ser revisado.

Lo recién dicho, se encuentra en línea con la naturaleza jurídica de la RCA, pues al ser ella un acto administrativo tipo autorización de funcionamiento, se encuentra intrínsecamente impedida de generar derechos adquiridos para sus titulares y, por tanto, no tiene la facultad de "congelar" el estatuto jurídico aplicable a una actividad autorizada, siendo necesario que ésta se ajuste constantemente a la normativa pertinente. En esta línea Cordero Vega señala:

"La calificación de la RCA como una "autorización de funcionamiento" enfatiza que con su otorgamiento, no se agota el vínculo entre la autoridad administrativa

¹⁴ Ibid., p.5.

¹⁵ Ibidem.

(ambiental) y el solicitante, perdurando este último por un período indeterminado de tiempo. Lo anterior responde a la realidad de que la RCA se otorga en consideración a una situación de hecho concreta que es evaluada sobre la base de la normativa ambiental aplicable. De esta manera, y si durante el desarrollo del proyecto o actividad determinado llegaren a cambiar los supuestos de hecho que sirvieran de base para la RCA, puede llegar a configurarse un genuino problema de validez respecto del acto administrativo en cuestión, pero además justifica los poderes de revisión permanente de la Administración como lo ha permitido la jurisprudencia administrativa y ha confirmado la reciente reforma institucional”¹⁶.

De esa forma, es de la esencia de la RCA la capacidad de ser eventualmente revisada frente a cambios en las condiciones en su otorgamiento, como lo es un cambio en la normativa vigente y, que, en el caso del 25 quinquies, incide en el comportamiento de una variable y el impacto que esa genera.

2.2. Variación significativa en la Calidad del Aire

Como mencionamos, el monitoreo de los parámetros asociados al componente calidad del aire se realiza únicamente para los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), níquel (Ni), partículas totales en suspensión (PTS), material particulado 10 (PM-10), dióxido de nitrógeno (NO₂), y vanadio (V). No existiendo monitoreo de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al aire durante la fase de operación del proyecto.

Sin embargo, lo anterior no obsta a que la RCA de la Central Andino deba ser revisada por el cambio en la normativa aplicable respecto de este componente. Justamente, se debe actualizar la presente RCA, con el objeto de establecer medidas de mitigación, reparación y compensación que se hagan cargo adecuadamente de este efecto adverso significativo en la calidad del aire por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), no previsto en la evaluación.

2.2.1. Sobre la variación sustantiva por cambio normativo en la variable calidad del aire

El 13 de abril de 1995 Chile ratifica la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), mediante Decreto Supremo N° 123 de la Secretaría General de la Presidencia. El artículo segundo de la Convención señala que su objetivo principal es “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”.

¹⁶ CORDERO Vega, Luis; “LECCIONES DE DERECHO ADMINISTRATIVO”, 2ª Edición, Thomson Reuters, página, 275.

La importancia de la Convención, así como el establecimiento de principios y aproximaciones iniciales para la solución del problema, es la consagración de las bases políticas y jurídicas de los distintos instrumentos que emanan del Tratado. Quizás la más importante es la establecida en el artículo 2 en que se le entrega a las decisiones de la Conferencia de las Partes el mismo valor normativo que las disposiciones de la Convención, lo que permite que los Acuerdos y Protocolos que emanan de dicho órgano tengan igualmente fuerza vinculante para los Estados:

“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

Seguidamente, el año 2017, Chile ratifica el Acuerdo de París¹⁷, siendo el tratado más relevante hasta ahora suscrito en la materia. El Acuerdo de París fue adoptado durante la COP 21 en París el año 2015, llevada a cabo en el marco del cumplimiento de la CMNUCC, entrando en vigor el 4 de noviembre del 2016. Mediante él, los Estados firmantes se comprometen a evitar el aumento de las temperaturas a nivel global por sobre los 2oC, para una vez alcanzado, ir reduciéndola cada vez más.

La relevancia de dicho tratado se traduce en obligaciones vinculantes para los Estados firmantes, que ellos mismos se autoimponen a través de las Contribuciones Nacionales Determinadas.

El Acuerdo señala en su artículo 4.2 que “cada parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que tenga previsto efectuar. Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones”.

Añade en el siguiente punto, que “la contribución determinada a nivel nacional sucesiva de cada Parte representará una progresión con respecto a la contribución determinada a nivel nacional que esté vigente para esa Parte y reflejará la mayor ambición posible de dicha Parte, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales”.

¹⁷ Se ratifica mediante Decreto Supremo N°30 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Así, las Contribuciones Nacionales Determinadas (en adelante NDC), consisten en compromisos voluntarios en materia de adaptación y/o mitigación que cada Estado adopta para lograr el objetivo del Acuerdo de París, estas son presentadas cada cinco años a la secretaría de la CMNUCC. Recientemente, Chile presentó la NDC 2020, que constituye una actualización de aquella presentada el año 2015¹⁸. En dicha NDC el gobierno se comprometió a una serie de medidas de adaptación y mitigación en el horizonte temporal que comprende del año 2020 al 2030.

Con respecto a las medidas de mitigación a largo plazo, el gobierno se fija una meta de neutralidad de carbono al año 2050. Esta meta consiste en absorber tanto dióxido de carbono (CO₂) como el que genera. Esta meta es reconocida en el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático en actual tramitación; a) Neutralidad de emisiones al 2050: se define el año 2050 como meta para alcanzar la neutralidad de emisiones, que consiste en el estado de equilibrio entre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, considerando que las emisiones son iguales o menores a las absorciones. En ese sentido, la NDC 2020 señala como medida de mitigación:

M1) Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO₂eq, 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 2030¹⁹.

Con respecto a la gestión del cambio climático y el retiro de las centrales termoeléctricas en base a carbón, la NDC define dos escenarios posibles:

(i) Escenario de referencia (cálculo de las emisiones de GEI y los costos bajo las políticas nacionales): El gobierno se compromete al retiro de 2,500 MW al 2050²⁰

¹⁸ La Decisión 1/CP.21 párrafos 23 y 24 señala: 23. Pide a las Partes cuya contribución prevista determinada a nivel nacional presentada con arreglo a la decisión 1/CP.20 comprenda un plazo hasta 2025 que comuniquen una nueva contribución determinada a nivel nacional en 2020 a más tardar, y cada cinco años a partir de ese momento, de conformidad con el artículo 4, párrafo 9, del Acuerdo;

24. Pide también a las Partes cuya contribución prevista determinada a nivel nacional presentada con arreglo a la decisión 1/CP.20 comprenda un plazo hasta 2030 que comuniquen o actualicen dicha contribución en 2020 a más tardar, y cada cinco años a partir de ese momento, de conformidad con el artículo 4, párrafo 9, del Acuerdo. En: CMNUCC. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 21er período de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015, FCCC/CP/2015/10/Add.1, 29 de enero 2016.

¹⁹ GOBIERNO DE CHILE. Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, Actualización 2020. página, 33. Disponible en: https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf.

²⁰ Ibid, página 89.

(ii) Escenario de Carbono Neutralidad²¹: Retiro de 5,500 MW al 2040²².

De forma más clara aún, Chile establece una meta incondicional de reducción de emisiones del orden del 30% del año de referencia, correspondiente al 2007:

“La contribución de mitigación respecto a las emisiones totales fue desarrollada considerando —como referencia— las recomendaciones de la ciencia, los objetivos del Acuerdo de París y los requerimientos que éste dispone respecto a los compromisos de mitigación. La propuesta de actualización representa una progresión y mayor nivel de ambición respecto al compromiso actual dado que:

- En comparación con la NDC de 2015, la que comprometía alcanzar niveles de emisiones anuales absolutas comprometidas al 2030 del orden de 123 MtCO₂eq (correspondiente a la meta de intensidad incondicional de 30% de reducción al 2030 del indicador c/r 2007), esta nueva contribución compromete niveles de emisiones absolutas anuales de hasta 95 MtCO₂eq al 2030.
- Es una meta incondicional, es decir, no está sujeta a condiciones externas habilitantes (grant).”

Luego, con fecha 13 de junio de 2022, se publicó la Ley 21.455, Marco de Cambio Climático que, en su artículo 40, establece que:

Artículo 40.- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Los proyectos o actividades que se sometan a evaluación de impacto ambiental de acuerdo a la ley considerarán la variable de cambio climático en los componentes del medio ambiente que sean pertinentes, conforme lo disponga el reglamento respectivo.

Los proyectos o actividades señalados en el inciso anterior deberán describir la forma en que se relacionarían con los planes sectoriales de mitigación y adaptación, así como con los instrumentos de gestión del cambio climático regionales y locales. Respecto de estos últimos, siempre se requerirá el informe del Gobierno Regional y del Municipio correspondiente, con el objeto que éstos señalen si el proyecto o actividad se relaciona con los instrumentos indicados.

²¹ Chile se comprometió en la COP25 a ser carbono neutral para el año 2050, esto es, absorber tanto dióxido de carbono (CO₂--) como el que genera. Esta meta es reconocida en el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático en actual tramitación; a) Neutralidad de emisiones al 2050: se define el año 2050 como meta para alcanzar la neutralidad de emisiones, que consiste en el estado de equilibrio entre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, considerando que las emisiones son iguales o menores a las absorciones.

²² Ibid.

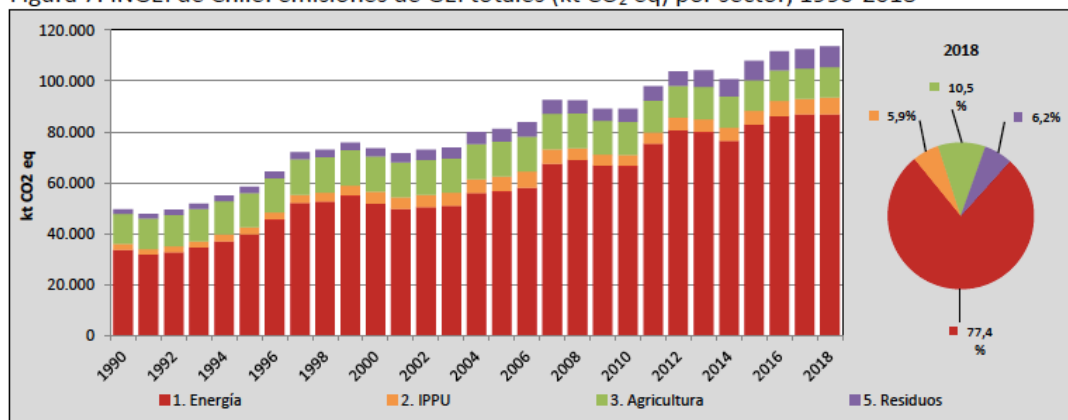
Asimismo, la variable del cambio climático deberá ser considerada para efectos de lo dispuesto en el artículo 25 quinquies de la ley N° 19.300. Para efectos de lo dispuesto en este inciso, el procedimiento administrativo de revisión podrá ser iniciado de oficio, a petición del titular, o a solicitud de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Así, podemos llegar a una primera conclusión en relación a que a la fecha actual, por la entrada en vigencia de la NDC de Chile y de la Ley Marco de Cambio Climático, existe un límite normativo a las emisiones de CO₂ que no existía al momento de la evaluación ambiental del proyecto, no obstante ya se encontraba plenamente vigente la CMNUCC. Este cambio en el escenario normativo implica la necesidad de evaluar y estimar cómo las emisiones de la Central Termoeléctrica Andino se ajustan a la meta autoimpuesta por el Estado de Chile y la consecuente necesidad de realizar las reducciones proporcionales que permiten cumplirla. Volveremos sobre esto.

2.2.2. Las emisiones de CO₂ a la atmósfera de la Central Térmica Andino

Según el Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático (MMA, 2010), el año 2018 las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) alcanzaron las 112.316,6 kt CO₂ eq (considerando el sector UTCUTS; FIGURA 1), con el principal aporte desde el sector energía, el cual considera el 77,4% de las emisiones totales nacionales (86.954,3 kt CO₂ eq)²³.

Figura 7. INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (kt CO₂ eq) por sector, 1990-2018



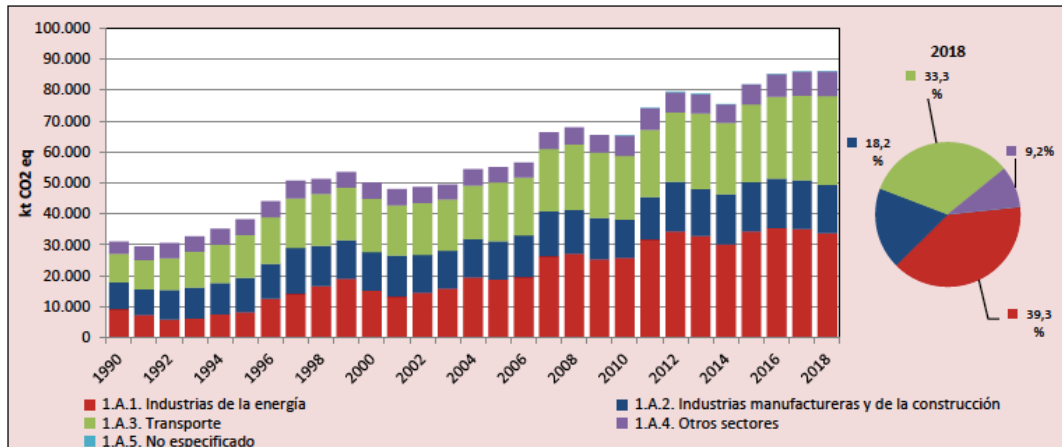
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA.

FIGURA 1. Emisiones de GEI totales (kt CO₂ eq) por sector, 1990-2018.

²³ 4to Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. 2020. https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/Chile_4th_BUR_2020.pdf

Respecto a las subcategorías, Industrias de la energía es la subcategoría de mayor importancia dentro del Sector Energía, con un 39,3 % de participación en 2018 (33.746,1 kt CO₂ eq; FIGURA 2).

Figura 29. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (kt CO₂ eq) por subcategoría, 1990-2018

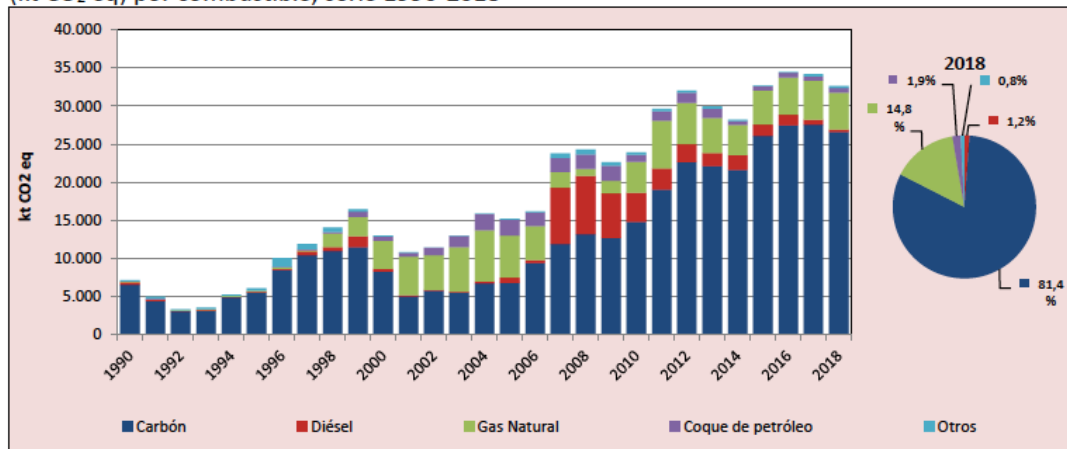


Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

FIGURA 2. Emisiones de GEI totales (kt CO₂ eq) por subcategorías, 1990-2018.

De la industria de la energía el 81,4% corresponden a emisiones generadas por la quema de carbón (26.559,7 kt CO₂ eq; FIGURA 3).

Figura 40. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (kt CO₂ eq) por combustible, serie 1990-2018



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

FIGURA 3. Emisiones de GEI (kt CO₂ eq) por combustible, 1990-2018.

En términos de emisiones, las 29 termoeléctricas a carbón actualmente en operación en Chile generan el 91% de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO₂) del parque eléctrico del SIC y del SING; el 88% de las emisiones totales de material particulado (MP); el 97% de las emisiones totales de dióxido de azufre (SO₂); y el 91% de las emisiones totales de óxidos de nitrógeno (NO_x)²⁴.

El año 2016²⁵ las emisiones de la Región de Antofagasta alcanzaron los 22.307 kt CO₂ eq, correspondiendo al 20,0% del total de emisiones de GEI nacionales. A nivel sectorial, el sector Energía fue el principal emisor (94,3 %). Estas emisiones se generaron por el consumo de combustibles fósiles en la Generación de electricidad (63,4 %), Combustible minería (19,9 %) y Combustible autos, buses y camiones (5,1%). Esta magnitud en el consumo de combustibles fósiles en la generación de electricidad se explica ya que en esta región se concentran 15 centrales termoeléctricas a carbón, distribuidas entre Tocopilla y Mejillones.

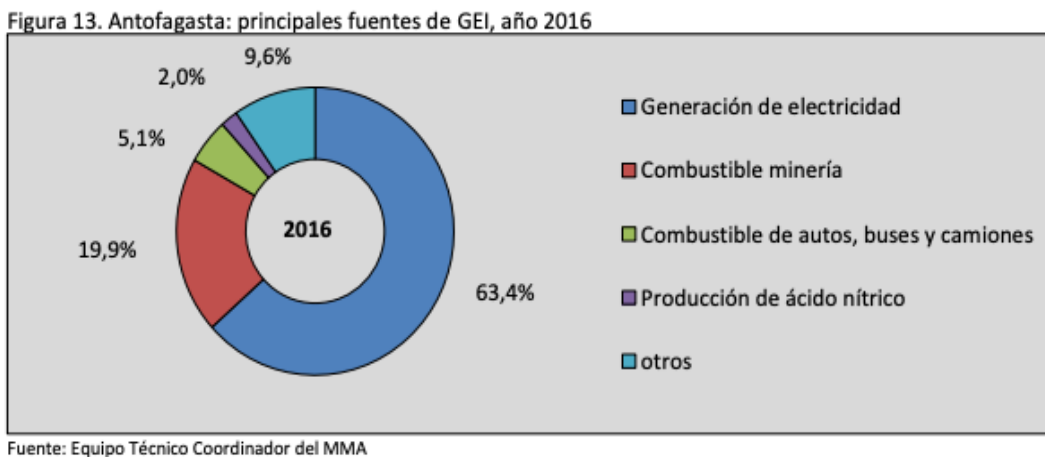


FIGURA 4. Principales fuentes de GEI Antofagasta, año 2016.

²⁴ Matriz eléctrica y generación a carbón en Chile. Propuestas para acelerar la transición energética. Chile Sustentable. 2017. <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2017/11/Cartilla-Termoelectricas-a-Carbon-Propuestas-Para-Acelerar-La-Transicion-Energetica-2017.pdf>

²⁵ Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero, Serie 1990-2016. Junio 2019. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/Inventarios-regionales-de-gases-de-efecto-invernadero-serie-1990-2016.pdf>

Un análisis de la emisión de las termoeléctricas a carbón por comuna a nivel nacional, permite identificar, que actualmente, el 40% del total de las emisiones de CO2 del parque carbonero se concentra en Mejillones²⁶.

TABLA 1. Parque generador termoeléctrico a carbón SING+SIC, año 2016

Titular	Central	Potencia	Energía	CO2	MP	NOX	SO2
		(MW)	(GWh)	[ton CO2/ GWh]	[ton MP/ GWh]	[ton NOX/ GWh]	[ton SO2/ GWh]
ENGIE	ANDINA CTA	177,0	1.264,093	1037	0,172	1,476	1,374
AES GENER	ANGAMOS ANG1	276,9	2.148,511	1104	0,109	1,087	0,725
AES GENER	ANGAMOS ANG2	281,3	2.255,211	1104	0,109	1,087	0,725
AES GENER	COCHRANE CCH1	274,9	1.034,272	1068	0,11	1,103	0,735
AES GENER	COCHRANE CCH2	274,8	599,572	1068	0,11	1,103	0,735
ENGIE	MEJILLONES CTM1	159,6	971,158	1146	0,188	1,881	1,505
ENGIE	MEJILLONES CTM2	173,8	1.012,563	1095	0,18	1,797	1,437

²⁶ Matriz eléctrica y generación a carbón en Chile. Propuestas para acelerar la transición energética. Chile Sustentable. 2017. <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2017/11/Cartilla-Termoelectricas-a-Carbon-Propuestas-Para-Acelerar-La-Transicion-Energetica-2017.pdf>

ENGIE	HORNITOS CTH	177,5	1.105,964	1009	0,167	1,436	1,337
-------	-----------------	-------	-----------	------	-------	-------	-------

De la tabla anterior se desprende que las termoeléctricas de Mejillones aportan con 8.631 ton CO₂/GWh, del cual el 12% es generado por la Central Termoeléctrica Andina, considerando exclusivamente las emisiones de CO₂.

En base a la información de emisiones al aire de fuentes puntuales reportadas al RETC por el Ministerio de Salud a través del Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas o Formulario 138 (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 el que establece una norma de emisión para centrales termoeléctricas, se determinó que las emisiones anuales de CO₂ provenientes de la Central Termoeléctrica Andino corresponden a las siguientes²⁷:

TABLA 1. Emisiones de CO₂ en kilotoneladas, generadas por la Central Termoeléctrica Andina

Nombre de Establecimiento	ID Establecimiento (VU)	Año	kton CO ₂
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2011	33,912
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2012	0,015
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2013	1,219
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2014	1.218,588
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2015	2.640,831
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2016	2.300,524
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2017	2.166,523

²⁷ <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire-de-fuente-puntuales>

CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2018	1.999,239
CENTRAL TERMOELÉCTRICA ANDINA	436492	2019	1.616,131

Al comparar estos datos con los datos entregados en los Informes Bienales de Actualización de Chile sobre Cambio Climático²⁸, es posible determinar el aporte de la Central Termoeléctrica Andino a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, en el Sector Energía y en la subcategoría Industria de la Energía, para los años 2013, 2016 y 2018.

TABLA 2. Aporte de las emisiones generadas por la Central Termoeléctrica Andina a Nivel Nacional, en el Sector Energía y en la subcategoría Industria de la Energía

Año	Unidad	Central Termoeléctrica Andina	Emisiones a nivel nacional	%	Emisiones Sector Energía	%	Emisiones Industria de la Energía	%
2013	Kt CO ₂	1,219	169.077,20	0,001	77.111,60	0,002	32.108,70	0,004
2016	Kt CO ₂	2.300,524	179.512,50	1,282	83.319,60	2,761	35.223,70	6,531
2018	Kt CO ₂	1.999,239	187.372,50	1,067	84.141,90	2,376	33.563,50	5,957

Se observa que para el año 2018, las emisiones del Sector Energía comprenden el 45% de las emisiones a nivel nacional. De estas, las emisiones provenientes de la Industria de la Energía abarcan el 40%, donde el 2,4% son aportadas por la Central Termoeléctrica Andina.

2.2.3. Sobre la incapacidad del cronograma de descarbonización para ajustar las emisiones y el rol del SEIA en el cumplimiento de la meta de la NDC

²⁸ Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 1990-2018. Ministerio de Medio Ambiente, 2020.

Con fecha 4 de junio, el Ministerio de Energía suscribió un acuerdo con las tres empresas que manejan la industria energética en base a carbón – AES-Gener, Engie, ENEL, Colbún- el cual establece un cronograma de cierre de las ocho más antiguas centrales en base a carbón entre el 2019 y 2025, dejando el cierre de las otras 20 centrales a carbón para acuerdos posteriores (cada cinco años), hasta el año 2040. Estas últimas veinte no tienen un cronograma específico, sino que se deja a la voluntad de las empresas y los sucesivos gobiernos.

De esa forma, la primera fase de descarbonización comprende las ocho centrales más antiguas, las que en su conjunta suman una potencia total instalada de 1.047MW²⁹. La mitad de ellas se concentra en Tocopilla; dos de ellas en Puchuncaví, una en Coronel y la última en Iquique:

Titular	Unidad	Potencia	Ubicación	Fecha de retiro
ENGIE	Tocopilla 12	87 MW	Tocopilla, II Región	2019
	Tocopilla 13	86 MW	Tocopilla, II Región	2019
	Tocopilla 14	136 MW	Tocopilla, II Región	31 de mayo 2024 *Finalmente, el cierre de esta central se concretó el 30 de junio de 2022
	Tocopilla 15	132 MW	Tocopilla, II Región	31 de mayo 2024 *Finalmente, el cierre de esta central se concretó el 30 de septiembre de 2022
ENEL	Tarapacá	158 MW	Tocopilla, II Región	31 de mayo 2020

²⁹ Chile Sustentable. Plan de Descarbonización y retiro de Centrales Termoeléctricas a Carbón en Chile. Anuncio del gobierno de Sebastián Piñera – 4 de junio. Disponible en: http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2019/07/Minuta-Anuncios-Descarbonizacion-04062019_CHS.pdf, página 2.

				*Finalmente, el cierre de esta central se concretó el 31 de diciembre de 2019
	Bocamina 1	130 MW	Coronel, VIII Región	31 de diciembre 2023 *Finalmente, el cierre de esta central se concretó el 31 de diciembre de 2020
AES GENER	Ventanas 1	120 MW	Puchuncaví, V Región	1 de noviembre 2022 *En la COP25 el Ministerio de Energía anunció el adelanto del cierre para fines del 2020
	Ventanas 2	220 MW	Puchuncaví, V Región	1 de mayo 2024 *En la COP25 El Ministerio de Energía anunció el adelanto del cierre para fines del 2020

Tabla 3: Primera Fase de Retiro y Desconexión 2019-2025³⁰

³⁰ Realizado en base al cuadro de Chile Sustentable en: Chile Sustentable. Plan de Descarbonización y retiro de Centrales Termoeléctricas a Carbón en Chile. Anuncio del gobierno de Sebastián Piñera – 4 de junio. Disponible en: http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2019/07/Minuta-Anuncios-Descarbonizacion-04062019_CHS.pdf.

A esta fase, se agregó el cierre de la central Bocamina II, con fecha 30 de septiembre de 2022³¹. Asimismo, ENGIE anunció el cese de operaciones para las unidades 1 (162 MW) y 2 (172 MW) del Complejo Térmico Mejillones, para diciembre de 2024³².

La segunda fase de trabajo del Plan de Descarbonización corresponde al compromiso voluntario por parte de las empresas de ir constituyendo mesas de trabajo cada cinco años, con el fin de ir verificando las condiciones para el cierre de las restantes unidades para el año 2040. De los acuerdos suscritos por cada empresa no se desprende ningún tipo de obligación legal vinculante, sino únicamente una declaración de principios. Tampoco figuran fechas para los determinados cierres. En adición, en los acuerdos figuran condiciones para que operen dichos cierres, entre los cuales figuran:

“Quedarán sujetos a aprobación de accionistas y directorios, en el caso de Engie; la condición al cumplimiento de los contratos de suministro eléctrico de las compañías Engie y Colbún; la no afectación de los contratos que se suscribieron con clientes que tuvieron que ser respaldados con inversiones a carbón por crisis del gas con Argentina, en el caso de Colbún; la estabilidad del sistema eléctrico, en los casos de Engie y AES-Gener; el desarrollo de los sistema de transmisión (Engie); el cumplimiento de metas ambientales (Engie, AES-Gener) y el costo de energía (Engie, AES-Gener, Colbún)”³³.

Lo anterior es problemático, considerando que para el año 2040 operarán sucesivos gobiernos y directorios en todas las compañías, por lo que no existen certezas de que éste efectivamente se lleve a cabo.

La fragilidad del Plan de Descarbonización se puede verificar en la operación de una nueva termoeléctrica a carbón “Infraestructura Energética Mejillones” de ENGIE, con capacidad de 375 MW, aprobada en el año 2010 y actualizada el 2015, para una vida útil de 35 años (que sin embargo acaba de obtener calificación favorable para modificarse y convertirse a gas natural³⁴). En el caso de Andino, del titular ENGIE, se encontraría dentro de las centrales del mismo titular que quedaron rezagadas en la segunda fase de descarbonización. Así, el cierre de la Central Termoeléctrica Andino no solo quedaría sometido a la voluntad de futuros directorios y gobiernos, sino que además se encuentra sometido a diversas condiciones.

³¹ Ver en: https://www.cnnchile.com/pais/cierre-bocamina-ii-enel-descarbonizacion_20221001/.

³² Ver en: <https://www.mch.cl/2020/06/02/como-se-viene-el- calendario-de-cierre-de-las-proximas-centrales-termoelectricas-a-carbon/>.

³³ Chile Sustentable. Plan de Descarbonización y retiro de Centrales Termoeléctricas a Carbón en Chile. Anuncio del gobierno de Sebastián Piñera – 4 de junio. Disponible en: http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2019/07/Minuta-Anuncios-Descarbonizacion-04062019_CHS.pdf, página 4.

³⁴ Ver en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/expediente.php?id_expediente=2152607168.

A este respecto, ENGIE y el Ministerio de Energía se comprometen a que cada 5 años con posterioridad al 2025, integrarán mesas de trabajo en las que se analizarán: a) las condiciones imperantes en el Sistema Eléctrico Nacional con base en estudios efectuados ad-hoc por el Coordinador Eléctrico Nacional; b) la regulación energética y ambiental; c) los efectos sociales y en empleo del retiro; d) las condiciones de suficiencia del sistema y de las unidades y e) estudios de las empresas respecto de la situación local e individual de cada empresa propietaria de unidades a carbón que se encuentren aun operando. El propósito de estas mesas de trabajo será la de generar los insumos que permitan definir en forma precisa calendarios posibles de retiro de unidades generadoras a carbón en los años posteriores a 2025, teniendo siempre presente la estabilidad del sistema eléctrico, el cumplimiento de las metas ambientales y el costo de la energía³⁵.

En el mismo sentido en su declaración pública, ENGIE condiciona el logro del cese de operaciones de las unidades a carbón para el año 2040: “Que EECL realizará sus mejores esfuerzos para acompañar a la autoridad en la implementación del Plan de Descarbonización, en consistencia con las conclusiones de la mesa. Con todo, cualquier acuerdo relativo a dicho plan y, asimismo, la aprobación de los calendarios quedan sujetos a la aprobación del directorio o de la junta de accionistas de EECL, según corresponda. Por otra parte, EECL declara que tiene la obligación jurídica de dar cumplimiento a sus contratos de suministro eléctrico, por lo que sus acciones se enmarcarán siempre a la luz de dichas obligaciones y los compromisos jurídicos adquiridos, orientados a entregar un suministro seguro y confiable. Asimismo, las decisiones y medidas derivadas del presente compromiso, debe adoptarlas teniendo en consideración los intereses de todos sus accionistas, tales como administradoras de fondos de pensiones nacionales u otros terceros, conforme lo dispone la ley chilena, consultando cuando sea pertinente a los órganos corporativos correspondientes, en observancia al cumplimiento de las normas que regulan su gobierno corporativo y mecanismos internos de toma de decisiones”³⁶.

Según los datos reportados, bajo los supuestos de contribución a la contaminación atmosférica de la Central Termoeléctrica Andino que fueron indicados y la nula manifestación por parte de las autoridades y del titular de cerrarla antes del 2030, como parte del cumplimiento de la meta autoimpuesta por el Estado de Chile, el único mecanismo de ajuste de las emisiones de CO₂ de la central es a través del SEIA y, en concreto, la revisión de la presente Resolución de Calificación Ambiental 0145/2007, ello en atención a los nuevos compromisos internacionales adquiridos por el Estado Chileno, la publicación de la Ley Marco de Cambio Climático que en su artículo 40 obliga a considerar la variable del

³⁵ Ver en: http://energia.gob.cl/sites/default/files/acuerdo_engie.pdf.

³⁶ Idem.

cambio climático y, por supuesto, la labor preventiva de protección ambiental que ejerce el Servicio de Evaluación Ambiental.

2.3. Variación sustantiva en la Fauna Submareal

En la línea base realizada el año 2006, se registró un total de 35 especies de macrofauna submareal en ocho estaciones de monitoreo: A1, A2, D1, D2, TS1/11, TS1/2, TS0/11, TS0/2 (Fig. 1, Fig. 2). Del total de especies de macrofauna submareal registrada, un 52% de las especies correspondieron a Moluscos, 37% a especies de Crustáceos y 11% a especies de Equinodermos (Fig. 2). En los sucesivos muestreos del Plan de Vigilancia Ambiental, se registró una reducción e importantes variaciones en el número total de especies y en la composición de la fauna submareal en el área muestreada en las estaciones de monitoreo. En abril del año 2016, a 5 años de iniciarse la operación del Proyecto, se registraron sólo 25 especies en total. Se registraron especies de Poliquetos y Cnidarios que no habían sido descritos en la Línea Base. En abril del 2017, se registraron 15 especies de macrofauna submareal. En abril del año 2019, se registraron 24 especies, con menor porcentaje de especies de Crustáceos y un aumento en el porcentaje de especies de Equinodermos. (Fig. 2).



Figura 2. Composición taxonómica de macrofauna bentónica submareal en los muestreos realizados en las ocho estaciones de monitoreo caracterizadas en la línea base del proyecto en enero 2006 (N=35 especies) y en el monitoreo como parte del Plan de Vigilancia Ambiental de Abril de los años 2016 (N=25 especies), 2017 (N=15 especies) y 2019 (N=24 especies). Elaboración propia a partir de la Línea Base Medio Marino EIA Central Térmica Andino e Informes del Plan de Vigilancia Ambiental.

En relación a la composición y abundancia de las especies en el área de influencia del proyecto, en la Línea Base del EIA, las especies que se registran con mayor frecuencia son *Alia unifasciata* (sinónimo de *Mitrella unifasciata*), *Trigonostoma tuberculosum*, *Nassarius gayi*, *Priene scabrum* y *Tegula atra* (Tabla 1), que se registraron en seis de las ocho estaciones de monitoreo.

Especies	A1		A2		D1		D2		TS1/11		TS1/2		TSO/11		TSO/2	
	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE
<i>Aeneator fontainei</i>	-	-	-	-	0,83	1,60	0,60	1,34	0,20	0,45	-	-	0,60	0,89	-	-
<i>Cancellaria buccinoides</i>	0,40	0,55	-	-	0,33	0,52	0,40	0,55	0,20	0,45	-	-	0,80	0,84	-	-
<i>Collisella orbigny</i>	0,60	1,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collisella sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-
<i>Crassilabrum crassilabrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,45	-	-	-	-
<i>Crepidula dilatata</i>	-	-	-	-	-	-	0,40	0,89	12,00	9,46	-	-	2,60	1,67	-	-
<i>Crucibulum quiriquinae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	1,34	-	-	0,60	0,89	-	-
<i>Isalica chilensis</i>	-	-	-	-	0,17	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mitrella unifasciata</i>	2,00	2,12	1,6	2,19	1,40	1,14	7,40	7,44	1,80	2,05	-	-	9,60	8,62	0,8	1,79
<i>Nassarius gayi</i>	12,40	15,63	11,2	11,30	0,17	0,41	0,20	0,45	-	-	12,2	1,79	1,40	1,67	2,6	3,71
<i>Priene scabrum</i>	1,80	1,10	-	-	8,33	2,34	13,60	9,02	1,60	1,95	-	-	10,80	5,72	2,2	4,38
<i>Thais chocolata</i>	-	-	-	-	0,33	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trigonostoma tuberosum</i>	-	-	0,6	0,55	0,17	0,41	0,60	0,89	0,40	0,89	-	-	0,40	0,89	0,4	0,89
<i>Xanthochorus buxea</i>	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cancer coronatus</i>	1,40	0,89	-	-	-	-	-	-	1,20	2,68	0,8	0,45	-	-	-	-
<i>Cancer edwardsi</i>	-	-	-	-	0,33	0,82	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cancer porteri</i>	-	-	-	-	0,17	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cancer setosus</i>	-	-	-	-	-	-	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-	0,6	0,89
<i>Gaudichaudia gaudichaudi</i>	0,40	0,89	-	-	-	-	0,40	0,89	0,40	0,89	-	-	0,20	0,45	-	-
<i>Mursia gaudichaudi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	0,55	-	-
<i>Eurypodius latreillei</i>	0,80	1,10	0,2	0,45	0,17	0,41	1,00	1,22	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pilumnoides perlatus</i>	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroncodes monodon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	0,89	-	-
<i>Pagurus edwardsi</i>	0,80	1,10	-	-	-	-	-	-	2,20	4,92	0,2	0,45	-	-	1,6	2,07
<i>Pagurus villosus</i>	0,20	0,45	-	-	-	-	0,20	0,45	0,20	0,45	-	-	-	-	0,2	0,45
<i>Argopecten purpuratus</i>	-	-	-	-	2,00	1,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacomya ater</i>	-	-	-	-	-	-	0,40	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Estomatopodo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,45	-	-	-	-	-	-
<i>Patiria chilensis</i>	-	-	-	-	0,17	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Luidia magellanica (Estrella negra)</i>	-	-	-	-	0,17	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiuro sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,45	-	-
<i>Fissurella cumingi</i>	-	-	-	-	0,33	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tegula atra</i>	7,40	3,65	1,6	2,07	2,67	2,42	5,60	5,32	2,20	4,92	-	-	-	-	0,4	0,89
<i>Tegula luctosa</i>	0,20	0,45	-	-	0,83	0,98	0,60	0,89	-	-	-	-	-	-	0,2	0,45
<i>Arbacia spatuligera (erizo)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,20	2,39	4,2	2,39

Tabla 1. Listado de especies de macrofauna submareal (N=35 especies) registradas en la Línea Base del EIA Central Térmica Andino, enero 2006. Se describe además el valor de abundancia promedio y su desviación estándar en cada una de las estaciones de monitoreo. Fuente: Línea Base Medio Marino, EIA Central Térmica Andino, enero 2006.

En el Informe correspondiente al Plan de Vigilancia Ambiental realizado en abril del año 2019, se mantienen las especies *Nassarius gayi* y *Alia unifasciata* como las más abundantes. Sin embargo, en las estaciones monitoreadas que corresponden a las caracterizadas en la Línea Base del proyecto, se registra una pérdida de un total de 20 especies (Tabla 2) con respecto a las que estaban originalmente presentes en las estaciones caracterizadas en la línea base del medio marino.

Nº	Especie
1	<i>Aeneator fontainei</i>
2	<i>Admete viridula</i> (sin: <i>Cancellaria buccinoides</i>)
3	<i>Cancer coronatus</i>
4	<i>Cancer edwardsi</i>
5	<i>Cancer setosus</i>
6	<i>Collisella sp.</i>
7	<i>Collisella orbigny</i>
8	<i>Crassilabrum crassilabrum</i>
9	<i>Crucibulum quiriquinae</i>
10	<i>Fissurella cumingi</i>
11	<i>Gaudichaudia gaudichaudi</i>
12	<i>Iselica chilensis</i>
13	<i>Luidia magellanica</i>
14	<i>Platymera gaudichaudii</i> (sin: <i>Mursia gaudichaudi</i>)
15	<i>Pleuroncodes monodon</i>
16	<i>Pagurus edwardsii</i>
17	<i>Pilumnoides perlatus</i>
18	<i>Tegula atra</i>
19	<i>Trigonostoma tuberculosum</i>
20	<i>Xanthochorus buxea</i>

Tabla 2. Especies registradas en la Línea Base Medio Marino del EIA Central Térmica Andino y no registradas en el Informe del Plan de Vigilancia Ambiental de Abril del 2019 en las estaciones de monitoreo correspondientes a las caracterizadas en la Línea Base. Elaboración propia.

Asimismo, se registra una tendencia al descenso en el número de especies registrado desde la línea base en el año 2006 hasta el muestreo de abril del año 2019 en cinco de las ocho estaciones de monitoreo caracterizadas en la línea base en el área de influencia del proyecto (Fig. 3). Las estaciones de monitoreo con mayores disminuciones en el número de especies son D1, D2, TS0/11, TS1/11 y A1, que pierden cinco o más especies a lo largo del período estudiado (Fig. 3).

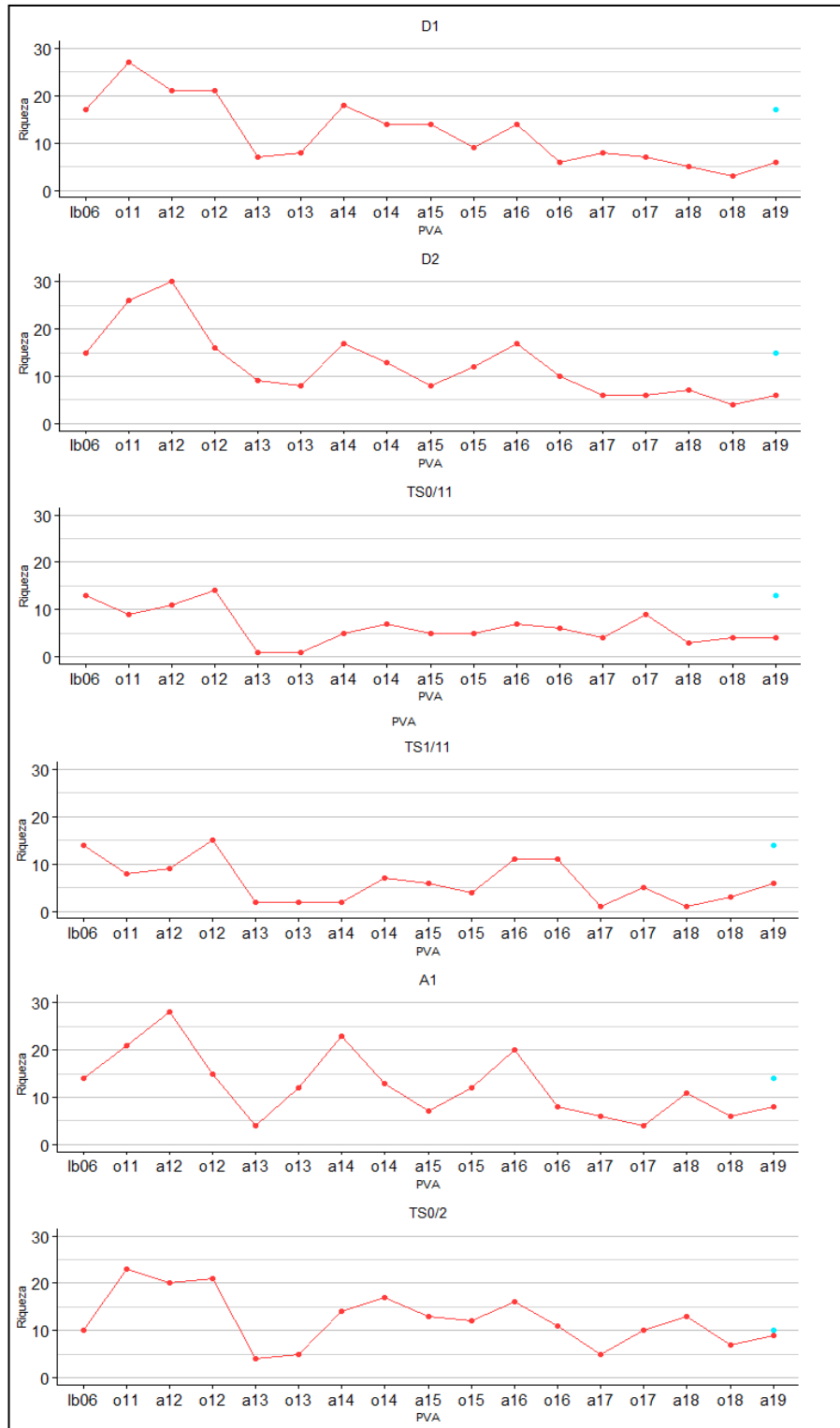


Figura 3. Riqueza de especies (número de especies) de macrofauna bentónica submareal en cada estación de monitoreo registrados en la Línea Base (lb) y en los sucesivos Planes de

Vigilancia Ambiental (PVA). a=Abril, o=octubre, lb=Línea Base. El punto celeste indica el número de especies registrado cuando se realizó la línea base en la estación de monitoreo.

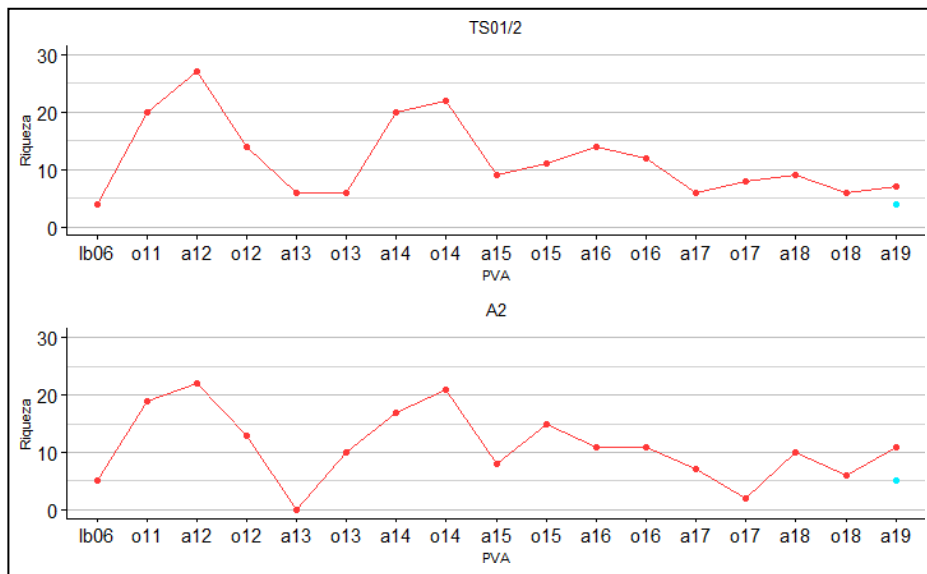


Figura 3 (Continuación). Riqueza de especies (número de especies) de macrofauna bentónica submareal en cada estación de monitoreo registrados en la Línea Base (lb) y en los sucesivos Planes de Vigilancia Ambiental (PVA). a=Abril, o=octubre, lb=Línea Base. El punto celeste indica el número de especies registrado cuando se realizó la línea base en la estación de monitoreo.

2.3.1. Conclusiones

Desde que se realizó el muestreo de Línea Base el año 2006 hasta el monitoreo del Plan de Vigilancia Ambiental de abril 2019, se registraron disminuciones en el número de especies y variaciones en la composición taxonómica de las especies presentes en las estaciones de monitoreo (Fig. 2). Disminuyó la proporción de especies de crustáceos y se registraron especies de cnidarios y poliquetos, que no habían sido registrados en la línea base (Fig. 3), y de las 35 especies registradas en la línea base (Tabla 1), veinte de ellas no fueron registradas en el monitoreo de abril de 2019 (Tabla 2). El número de especies disminuyó en seis de las ocho estaciones de monitoreo caracterizadas (Fig. 3).

La pérdida de especies y de diversidad podría deberse a su ubicación en la bahía en relación al ducto de succión (Fig. 1). Este ducto tiene 2,5 m de diámetro, con una reja que permite el ingreso de elementos de hasta 20 cm. El volumen de agua de mar que succiona esta central es de 53.000 m³/hora., equivalente al volumen necesario para llenar 15,7 piscinas olímpicas en solo una hora. El efecto de succión de agua por termoeléctricas ha sido descrito en la literatura, ya que a largo plazo trae consecuencias negativas en la macrofauna marina,

especialmente de grandes crustáceos, los que son removidos al ser más sensible a los cambios ambientales (Chew et al., 2015), y que se ven reducidos en su representatividad a lo largo del funcionamiento de este proyecto. La biota succionada es predominantemente plancton, incluidos tanto los miembros permanentes del plancton (holoplancton) y los huevos y larvas de especies de peces, moluscos y crustáceos, entre otros (meroplancton) (Bamber & Turnpenny, 2012). Los efectos de atrapamiento de organismos producto de la succión por termoeléctricas también han sido registrados en otros lugares, donde se atrapan peces, crustáceos, gastrópodos, bivalvos y poliquetos, llegando a provocar un daño severo principalmente a decápodos (Azila & Chong, 2010).

2.4. Variación sustantiva en el componente de sedimentos marinos

De acuerdo con la RCA N°145/2007, la calidad fisicoquímica de los sedimentos marinos debía caracterizar Granulometría, Carbono Orgánico Total, Materia Orgánica Total e Hidrocarburos Totales en las estaciones D1, D2, TS0/11, TS1/11, A1, TS0/2, TS1/2, A2 con una frecuencia de dos monitoreos al año durante los tres primeros años de operación.

La información de las variables químicas de los sedimentos contenidas en la línea base fue sometida a un proceso de estimación de los datos mediante interpolación, ya que la información no se entregó tabulada, sino solo graficada. La interpolación de datos se realizó mediante una regla de tres, utilizando como referencia la distancia entre dos valores del eje medida en milímetros, puesto que el eje de ambas figuras tiene valores con un aumento lineal tal como lo muestra la Ecuación 1:

$$\frac{Dy}{\Delta y} = \frac{Do}{x}$$

Ecuación 1. Ecuación de interpolación lineal.

Donde:

Dy corresponde a la distancia en mm entre dos valores del eje.

Δy corresponde a la diferencia entre dos valores del eje.

Do corresponde a la distancia observada en mm de la observación.

x corresponde al valor de la observación.

A partir de la información contenida en la línea base cuando estuvo disponible, y los

resultados y discusión de los Planes de Vigilancia Ambiental, se recopilaron los datos por variable, se ordenaron en forma cronológica para cada estación de monitoreo, y se procedió a graficar el valor en el tiempo de cada variable en cada estación de monitoreo.

2.4.1. Variación sustantiva en la composición granulométrica de los sedimentos marinos

La composición granulométrica de los sedimentos marinos no fue caracterizada en la línea base del Estudio de Impacto Ambiental. La descripción de la composición granulométrica de los sedimentos marinos comenzó con el monitoreo del Plan de Vigilancia Ambiental en octubre del año 2011.

Los datos muestran que la mayoría de las estaciones de monitoreo muestran predominancia de la fracción de arena muy fina (en verde claro) seguida de arena fina (en azul claro) en el tiempo (Fig. 4). Solo la estación TS01/2 muestra predominancia de arena fina (en azul claro) por sobre la proporción de arena muy fina (en verde claro). La composición de las estaciones D2, A1 y TS0/2 registran en la mayoría de los PVA una composición de las fracciones de arena media (en amarillo) a cascajo muy fino (en celeste) en conjunto mayor al 20%, esta última estación ubicada justo frente al ducto de succión de agua de CTA (Fig. 1).

En los monitoreos de octubre 2013, abril 2015 y octubre 2015 la proporción de limo y arcilla registró importantes incrementos en la composición granulométrica en las estaciones monitoreadas, alcanzando valores superiores al 50% en todas las estaciones, y sobre el 85% en las estaciones TS01/2 y A2 en octubre 2015 (Fig. 4).



Figura 4. Composición granulométrica en las estaciones de monitoreo para el proyecto Central Térmica Andino entre octubre 2011 y abril 2019. Se muestra el porcentaje de partículas en orden decreciente de tamaño. CMF: Cascajo Muy Fino, AMG: Arena Muy Gruesa, AG: Arena Gruesa, AM: Arena Media, AF: Arena Fina, AMF: Arena Muy Fina, LA: Limo y Arcilla. Elaboración propia a partir de la información entregada en los Planes de Vigilancia Ambiental.

2.4.2. Variación sustantiva en la materia orgánica total (MOT) en los sedimentos marinos

La materia orgánica acumulada en los sedimentos da cuenta de la actividad primaria y las variaciones de oxígeno disuelto en la columna de agua y depende de la tasa de sedimentación, la textura del sedimento, el aporte continental de materia orgánica y de la relación entre las velocidades de aporte y descomposición (Pineda, 2009; Guíñez et al., 2010).

La materia orgánica total no fue caracterizada en la línea base. Sin embargo, en los muestreos realizados como parte del Plan de Vigilancia Ambiental a partir del año 2011, es posible apreciar una importante disminución en la materia orgánica total presente en los sedimentos submareales a lo largo de los monitoreos realizados en todas las estaciones durante los Planes de Vigilancia Ambiental (Fig. 5).

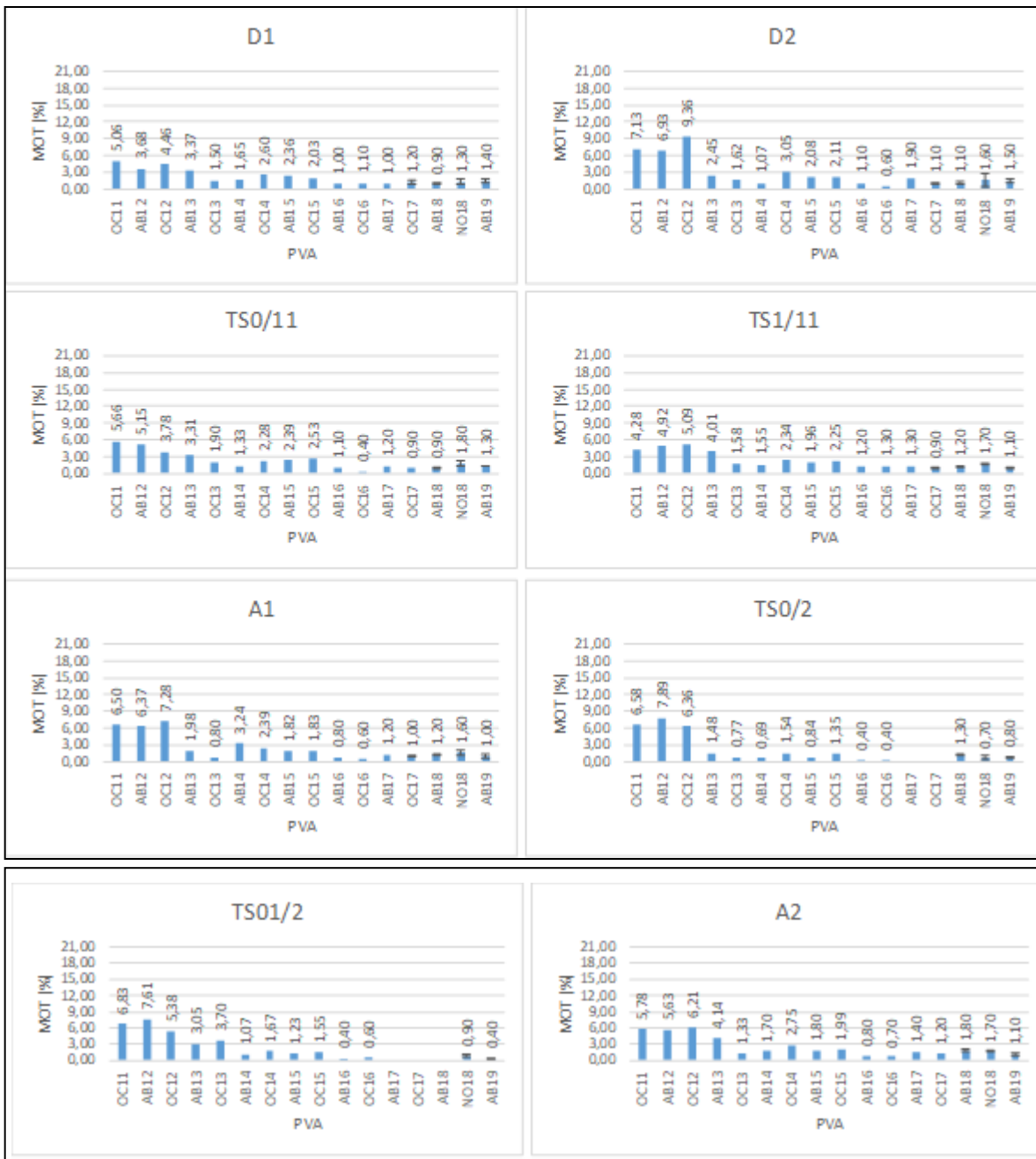


Figura 5. Porcentaje de Materia Orgánica Total (MOT) en los sedimentos submareales de las estaciones de monitoreo de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de Central Térmica Andino entre octubre (OC) 2011 y Abril (AB) 2019. No se representan valores de concentraciones inferiores al límite de detección instrumental. Elaboración propia en base a los Planes de Vigilancia Ambiental N°5 al N°20, Central Térmica Andino, Bahía de Mejillones, Antofagasta.

2.4.3. Variación sustantiva en el carbono orgánico total (COT) en los sedimentos marinos

El Carbono Orgánico Total puede ser utilizado como un indicador de contaminación (Astorga y Silva, 2005). Además, los patrones de depositación y enterramiento del Carbono Orgánico Total están vinculados a la regulación de CO₂ atmosférico. Existen relaciones empíricas entre el enterramiento de Carbono Orgánico Total (COT) y factores como la productividad primaria, el nivel de oxígeno en la columna de agua o la velocidad de sedimentación, entre otros.

Sin embargo, los mecanismos de control de preservación de COT sedimentario no están totalmente dilucidados (Sánchez et al. 2013).

A partir de la evaluación del porcentaje de Carbono Orgánico Total (COT) en los sedimentos de las estaciones de monitoreo, se muestra una importante variación en el porcentaje de COT en el tiempo, y un incremento en la estación A2 (Fig. 6).



Figura 6. Porcentaje de Carbono Orgánico Total (COT) (%) en los sedimentos submareales de las estaciones de monitoreo de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de Central Térmica Andino entre octubre (OC) 2011 y Abril (AB) 2019. No se representan valores de concentraciones inferiores al límite de detección instrumental. Elaboración propia en base a

los Planes de Vigilancia Ambiental N°5 al N°20, Central Térmica Andino, Bahía de Mejillones, Antofagasta.

2.4.4. Variación sustantiva en los hidrocarburos totales (HT)

Los Hidrocarburos Totales (HT) comprenden a los hidrocarburos alifáticos y a los aromáticos (Rodríguez-Chaves et al., 2014) y pueden ser de origen natural o antrópico (Lecaros et al., 1997). Están relacionados con el contenido de carbono orgánico de los sedimentos. Sin embargo, también son influenciados por factores oceanográficos como las mareas, corrientes marinas y el oleaje (Bonert et al., 2006). Forman parte de los Hidrocarburos Totales el petróleo y sus derivados, los que son considerados un gran problema para el medio ambiente por su toxicidad, persistencia y fuerte tendencia a la bioacumulación (Rodríguez et al. 2010).

Los Hidrocarburos Totales fueron caracterizados en las estaciones de monitoreo de la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental. El valor más alto registrado fue de 1,58 miligramos de hidrocarburos por kilogramo de sedimento (mg/kg) en la estación A2. Posteriormente, en los monitoreos correspondientes al Plan de Vigilancia Ambiental es posible apreciar importantes incrementos en los Hidrocarburos Totales en los sedimentos marinos en todas las estaciones entre octubre del año 2011 y octubre de 2012, alcanzando un máximo de 265 mg/kg en la estación TS01/2 (Fig. 7, el valor supera el máximo del eje del gráfico). Posteriormente, en las estaciones D2, A1, A2 y TS1/11 se registran elevados valores para los Hidrocarburos Totales en el informe de octubre de 2016, alcanzando 96 mg/kg en la estación de monitoreo D2. Luego, se registran varios valores elevados en diferentes estaciones hasta el informe de noviembre 2018, alcanzando un máximo en ese período de 100 mg/kg de HC en la estación TS0/2 en Abril de 2018 (Fig. 7).



Figura 7. Hidrocarburos totales (HT) en los sedimentos submareales (mg/kg) de las estaciones de monitoreo de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de Central Térmica Andino entre octubre (OC) 2011 y Abril (AB) 2019. No se representan valores de concentraciones inferiores al límite de detección instrumental. El eje de la Estación TS01/2 fue modificado en su tramo superior para representar el valor máximo detectado en el

monitoreo registrado en el informe de octubre 2012, correspondiente a 265 mg/kg. Elaboración propia en base a los Planes de Vigilancia Ambiental N°5 al N°20, Central Térmica Andino, Bahía de Mejillones, Antofagasta.

2.4.5. Conclusiones

Los sedimentos submarinos son importantes para el desarrollo de tramas tróficas, el reciclaje de nutrientes y el equilibrio entre la atmósfera y el océano. Además, son fundamentales para la realización de estudios geológicos y evaluaciones de impacto ambiental (Rubio-Polania y Trujillo-Arcilla, 2013). Los sedimentos submareales cumplen una importante función reguladora, ya que son fuente de almacenaje de nutrientes y materia orgánica que afecta de manera directa al balance de oxígeno de las aguas de fondo (Jorgensen, 1996 en Astorga y Silva, 2005).

Respecto a la composición granulométrica de los sedimentos marinos no fue caracterizada en la línea base en las estaciones de monitoreo. Sin embargo, a lo largo de los reportes correspondientes al Plan de Vigilancia Ambiental, se observan variaciones sustantivas en esta variable en las estaciones de monitoreo. Mientras en la mayoría de las estaciones predominó la fracción de arena muy fina en mayor proporción y arena fina en segundo lugar, las estaciones más cercanas al ducto de succión registran las mayores proporciones de las fracciones de arena media a cascajo muy fino, correspondientes a más del 20% total en conjunto (Fig. 4). Dicha composición granulométrica podría ser consecuencia de la succión de las partículas de menor tamaño por los ductos del proyecto. Por otra parte, en el año 2015 se registraron importantes incrementos en la proporción de limo y arcilla en la composición granulométrica de gran parte de las estaciones (Fig. 4).

En relación a la Materia Orgánica Total presente en los sedimentos submareales no fue caracterizada en la Línea Base realizada el año 2006. Solo se cuenta con registros de esta variable a partir del año 2011. La materia orgánica total en los sedimentos submareales da cuenta de la actividad primaria y las variaciones de oxígeno disuelto en la columna de agua. Depende de la tasa de sedimentación, la textura del sedimento, del aporte continental de materia orgánica y de la relación entre las velocidades de aporte y descomposición (Pineda, 2009; Guíñez, Valdés y Sifeddine, 2010).

Los valores de materia orgánica total en los sedimentos submareales de las estaciones de monitoreo frente a la Central Térmica Andino mostraron variaciones significativas a lo largo del monitoreo realizado entre el año 2011 y el año 2019, registrándose una disminución en todas las estaciones caracterizadas (Fig. 5).

Por último, respecto a los hidrocarburos totales en sedimentos submareales comprenden a

los hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Rodríguez-Chaves et al., 2014), y pueden ser de origen natural y antrópico (Lecaros et al., 1997). Los hidrocarburos totales en sedimentos submareales están relacionados con el contenido de carbono orgánico de los sedimentos, pero también son influenciados por factores oceanográficos, como las mareas, las corrientes marinas y el oleaje (Bonert et al., 2006). Entre los Hidrocarburos Totales se encuentran el petróleo y sus derivados, que son tóxicos, persistentes y tienen una fuerte tendencia a la bioacumulación (Rodríguez et al., 2010).

El grado de contaminación de los sedimentos se puede establecer en función de la concentración de los Hidrocarburos Totales. Así, cuando la concentración de HT es menor que 10 ug/g se considera sin contaminación, cuando está en el rango 10-100 ug/g se considera una contaminación leve a moderada y si la concentración de HT es superior a 100 ug/g se considera como una contaminación elevada (Saravia, 2007). En consecuencia, en los registros del Plan de Vigilancia Ambiental se registran variaciones significativas en las condiciones de contaminación de las estaciones de monitoreo, donde hay un cambio desde una condición sin contaminación a una moderada en todas las estaciones de monitoreo y elevada en eventos puntuales (Fig. 7).

Los valores de Hidrocarburos Totales en los sedimentos submareales registrados en la Línea Base del EIA del proyecto Central Térmica Andino fueron inferiores a 1,6 mg/kg en todas las estaciones (Fig. 7). Sin embargo, se cuenta con antecedentes de derrames de hidrocarburos en la bahía de Mejillones al menos el año 2007, el año 2009 y en agosto de 2018. Los registros de Hidrocarburos Totales en los sedimentos submareales de las estaciones de monitoreo del Proyecto Central Térmica Andino alcanzaron el valor máximo de 265 mg/kg en el año 2012 (Fig. 7). Estos incrementos en la cantidad de hidrocarburos en los sedimentos marinos muy posiblemente son consecuencia de estos reiterados derrames de petróleo, entre ellos, el de mayor connotación, el ocurrido en el mes de agosto de 2018 en la playa Dos Quebradas, en la Bahía de Mejillones, desde una planta COPEC, donde se estima que fueron vertidos 4.000 litros de petróleo fuel (Terram, 2018; 24 horas, 2018).

2.5. Variación sustantiva en el ambiente marino por modificación en el componente “Calidad de Agua de Mar”

A partir de la información disponible en la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental y en los Planes de Vigilancia Ambiental se recopilaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto superficial en la superficie y en el fondo en el mes de abril y de octubre en la columna de agua en las estaciones de monitoreo, el pH en la superficie y el fondo de la columna de agua en las estaciones de monitoreo y la concentración de Cloro Residual, y se procedió a graficar los valores de cada variable en cada estación de monitoreo.

2.5.1. Variación sustantiva en la temperatura de la superficie y fondo en la columna de agua las campañas de medición de abril

En todas las estaciones se registra un incremento en la temperatura del agua en las mediciones reportadas en los informes del mes de abril, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua (Fig. 8). Mientras en el año 2006, durante las mediciones de la Línea Base, las temperaturas de superficie en todas las estaciones están en el rango de los 13,9°C y los 15,2°C en la superficie, y entre los 12,7°C y los 13,0°C en el fondo, las temperaturas ascienden en el año 2015 un rango entre 18,1°C y 19,3°C en la superficie y entre 15,3°C y 16,9°C en el fondo en las estaciones monitoreadas (Fig. 8). El año 2016 también se registran altas temperaturas, en un rango entre 18,4° y 19,1° en la superficie y entre 16,5°C y 17,8°C en el fondo. Se registran ascensos de temperatura de hasta entonces de hasta más de 5,2°C en la superficie en la estación N1 y de más de 4,9°C en el fondo en la estación D2 (Fig. 8).

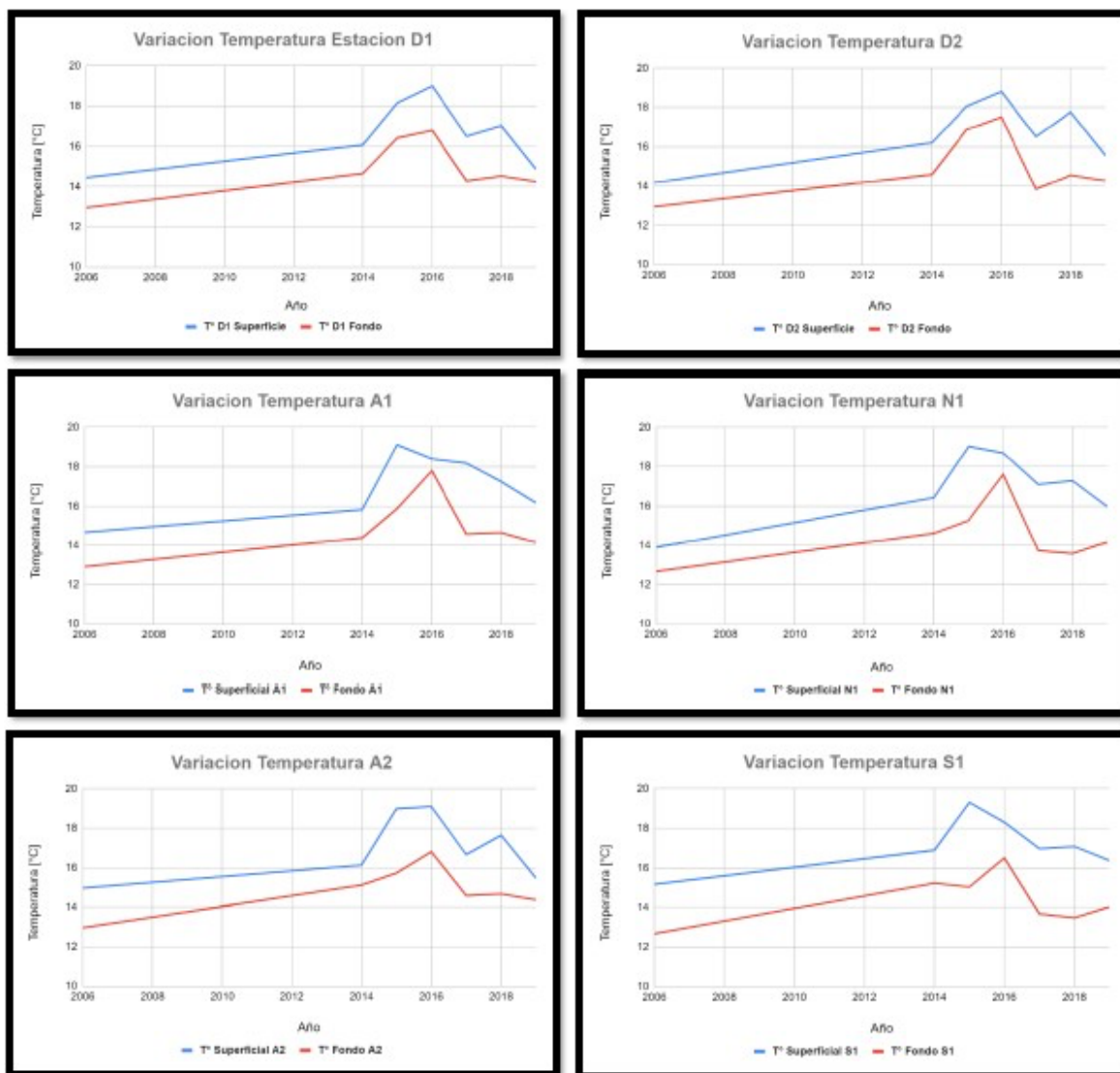


Figura 8. Valores de temperatura (°C) en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la temporada de abril en la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Andino el año 2006 y en las mediciones realizadas en abril de cada año dentro del marco del Plan de Vigilancia Ambiental del proyecto. Elaboración propia a partir de la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental y los Planes de Vigilancia Ambiental.

2.5.2. Variación sustantiva en la temperatura de la columna de agua en la superficie y el fondo en las campañas de medición de octubre

En todas las estaciones se registra un incremento en la temperatura del agua en las mediciones reportadas en los informes del mes de octubre, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua (Fig. 9). En el año 2006, durante las mediciones de la Línea Base,

las temperaturas de superficie en todas las estaciones de monitoreo estuvieron en el rango de los 13,9°C y los 15,2°C en la superficie, y entre los 12,7°C y los 13,0° C en el fondo. En el año 2014 las temperaturas ascendieron a un rango entre 17,2°C y 18°C en la superficie y 13°C y 16,4°C en el fondo. En el año 2015 se registraron en un rango entre 16,6°C y 18,1°C en la superficie y entre 16,1°C y 17,4°C en el fondo en las estaciones monitoreadas (Fig. 9). El año 2016 también se registran altas temperaturas, en un rango entre 18,4° y 19,1° en la superficie y entre 16,8°C y 17,8°C en el fondo. Se registran ascensos de temperatura de hasta entonces de hasta más de 4,2°C en la superficie en la estación N1 y de 4,5°C en el fondo en la estación D2 (Fig. 9). El año 2015 se registran además temperaturas en el fondo de la columna de agua superiores a las registradas en la superficie de la columna de agua en las estaciones D1 y D2 (Fig. 9).

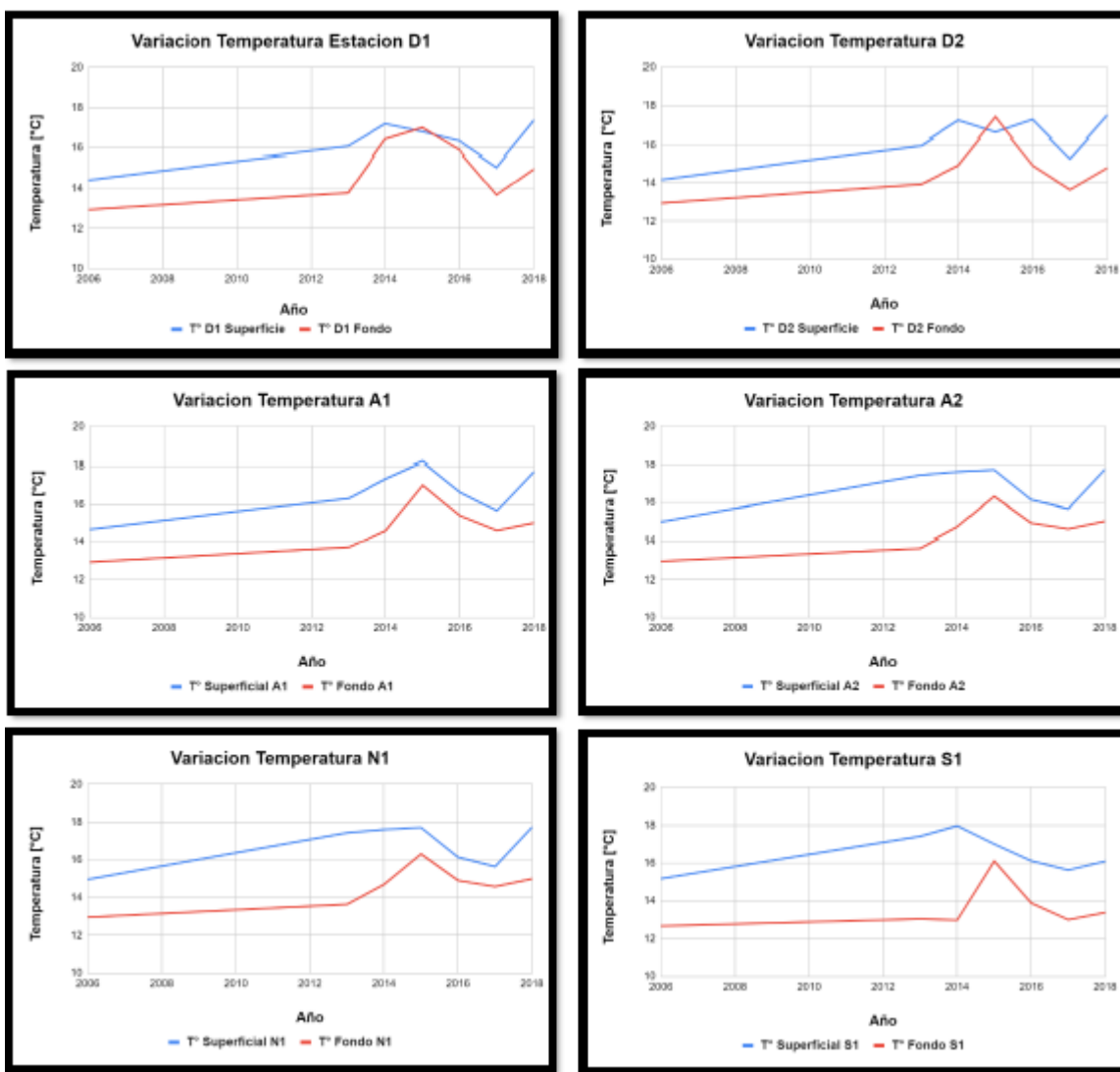


Figura 9. Valores de temperatura (°C) en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la línea base del Proyecto Central Termoeléctrica Andino el año 2006 y en las subsiguientes mediciones realizadas en octubre de cada año y entregadas a las autoridades dentro del marco del plan de seguimiento del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

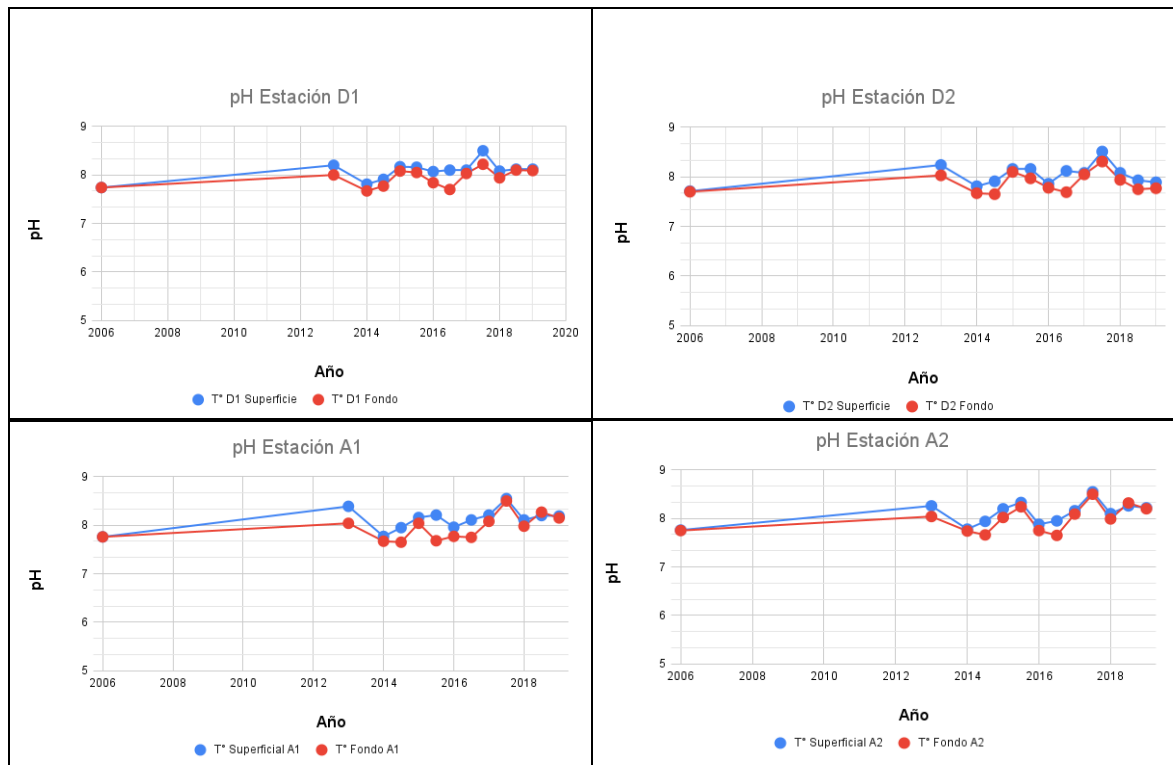
2.5.3. Variación sustantiva en el pH en la superficie y el fondo de la columna de agua

Todos los registros de pH en la Línea Base estuvieron entre los 7.6 y 7.76 unidades, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua. Todas las estaciones registraron un incremento en los valores de pH en las mediciones realizadas en las estaciones de monitoreo

entre la medición el año 2006 para la elaboración de la Línea Base y el año 2013, para el primer monitoreo (Fig. 10). Los mayores incrementos se registraron en la superficie de las estaciones S1, y N1, con incrementos de 0,84 unidades, y en A1, con incremento de 0,63 unidades (Fig. 10). En el fondo de la columna de agua, las mayores variaciones en el pH se registraron en las estaciones A2, A1 y S1, que registraron incrementos de 0,75 y 0,74 unidades, y un descenso en 0,7 unidades respectivamente (Fig. 10).

A lo largo del período de medición se registraron fuertes oscilaciones en los valores de pH en todas las estaciones (Fig. 10). Las mayores variaciones fueron registradas en la superficie de la columna de agua de la estación S1, registrando 8,55 en el año 2017 y 5,56 en el año 2015, con una amplitud de casi 3 unidades de pH (Fig. 10). La estación N, por su parte, registró una variación de 0,91 unidades, con un máximo de 8,49 en el año 2013 y 7,58 en el año 2019.

A excepción de la estación N1, todas las estaciones del periodo 2006-2019 presentan un aumento en los valores de pH respecto a los registrados en la línea base tanto en la superficie como el fondo. Al año 2017, todas las estaciones registraron valores de pH sobre 8 unidades tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua, y al año 2019, la mitad de las estaciones registró valores de pH superiores a 8 unidades tanto en la superficie como en el fondo (Fig. 10).



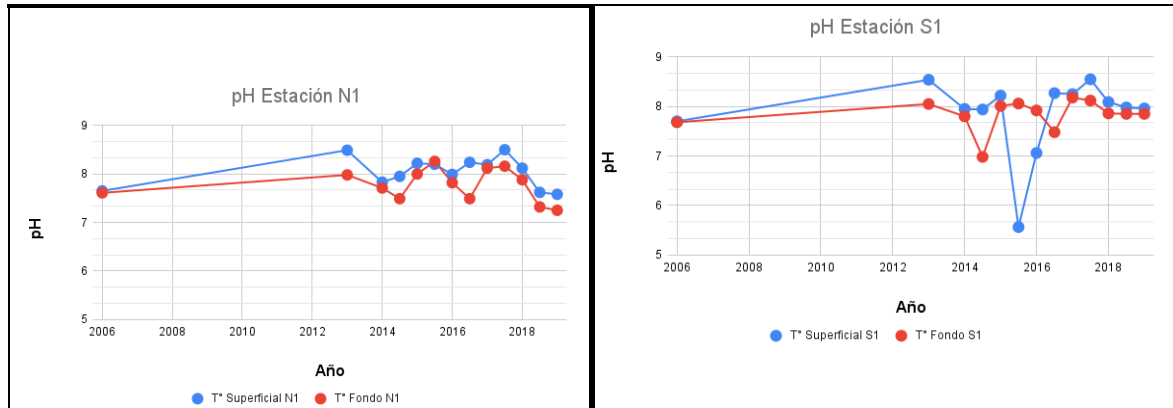


Figura 10. Valores de pH en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la línea base del Proyecto Central Termoeléctrica Andino el año 2006 y en las subsecuentes mediciones realizadas en abril y octubre de cada año y entregadas a las autoridades dentro del marco del plan de seguimiento del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

2.5.4. Variación sustantiva en el oxígeno disuelto en la columna de agua

La concentración del oxígeno disuelto en las campañas de medición del mes de abril registra una disminución en la superficie de la columna de agua en todas las estaciones al comparar las condiciones en la Línea Base, en el año 2006, y las condiciones en el año 2019, con la excepción de la estación A1 (Fig. 11). Por el contrario, todas las estaciones registran un incremento en la concentración del oxígeno disuelto en el fondo de la columna de agua al hacer la comparación entre esos años en el mes de abril (Fig. 11). Sin embargo, a lo largo del período en el cual se realizaron las mediciones en abril, es posible observar incrementos en la concentración de oxígeno en el fondo de la columna de agua en todas las estaciones en el año 2015, y en la superficie en el año 2017 (Fig. 11).

Se registraron episodios de anoxia en el fondo marino con valores cercanos a 0 mg/l de oxígeno disuelto en el año 2014 en la estación A1, en la estación N1 en el año 2017 y 2018 y en la estación S1 en el año 2006, 2017 y 2018 (Fig. 11).

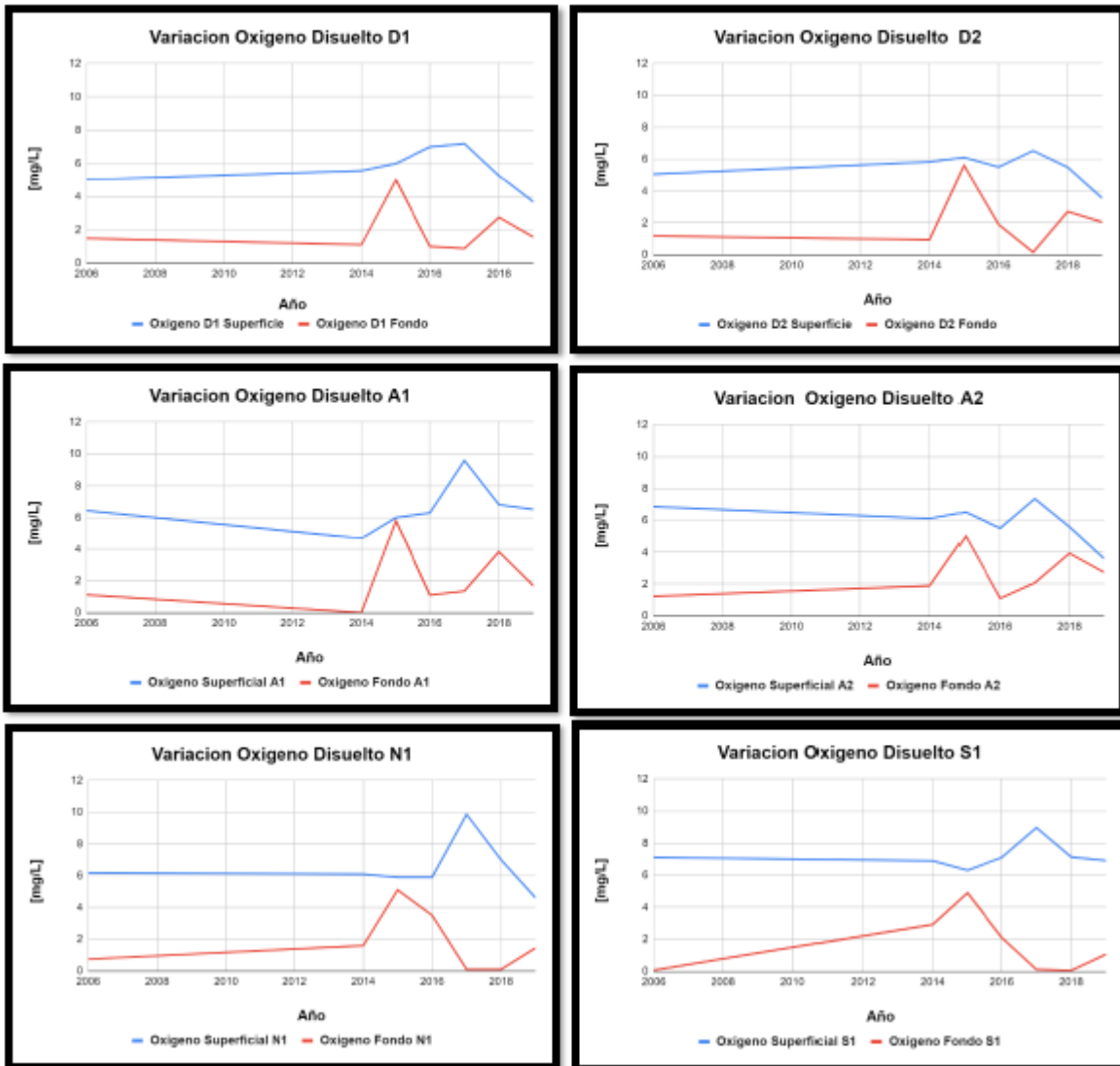


Figura 11. Valores de Oxígeno Disuelto [mg/l] en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la Línea Base del Proyecto Central Termoeléctrica Andino el año 2006 y en las siguientes mediciones realizadas en abril dentro del marco del Plan de Vigilancia Ambiental del proyecto. Elaboración propia a partir de la Línea Base y los informes del Plan de Vigilancia Ambiental entregados por el titular del proyecto.

La concentración de oxígeno disuelto en las campañas de medición del período de octubre muestra importantes variaciones en la superficie y en el fondo de la columna de agua en las estaciones de monitoreo desde las mediciones realizadas en la Línea Base el año 2006 y los monitoreos realizados hasta el año 2019 (Fig. 12). En la superficie, se registran incrementos en el año 2013 en las estaciones A1, A2 y S1, descensos en el año 2015 en las estaciones D2, A1, A2, N1 y S1, para volver a incrementar en las estaciones D2, A1, A2, N1 y S1 el año 2016, descendiendo nuevamente el año 2017 en las estaciones D2, A1, A2, N1 y S1 (Fig. 12).

En el fondo de la columna de agua, en las mediciones del mes de octubre, se registra un incremento en la concentración de oxígeno disuelto en las estaciones D1, D2, A1, A2 y N1 a partir del año 2013, mientras se mantiene con valores de anoxia, cercanos a 0 mg/l en la estación S1, desde la medición en la línea base hasta el año 2014 (Fig. 12). Desde el año 2015 en adelante, se registran variaciones en las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo en todas las estaciones de monitoreo, llegando el año 2019 a alcanzar valores similares de oxígeno disuelto en la superficie en las estaciones D1, D2, A1 y A2 (Fig. 12).

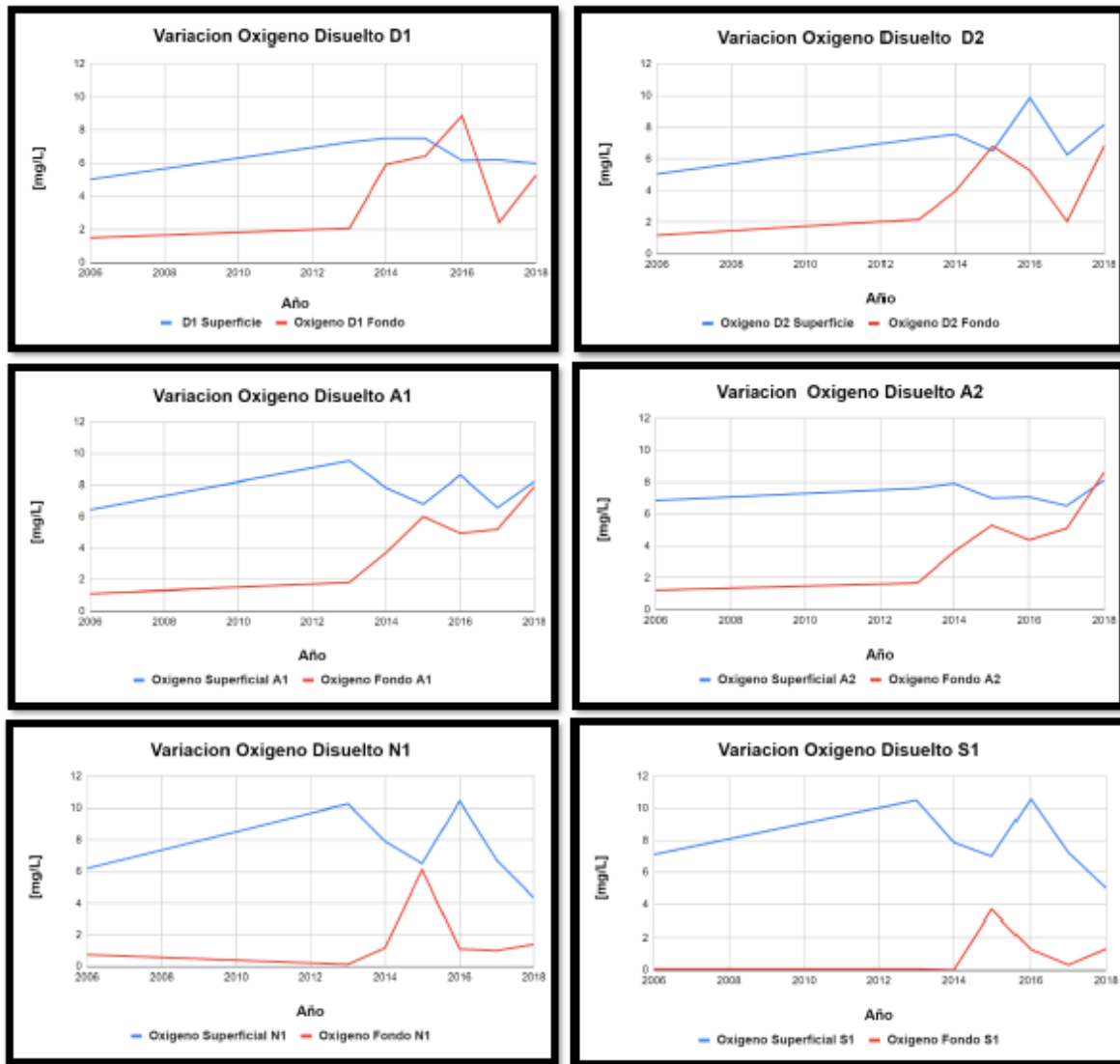


Figura 12. Valores de Oxígeno Disuelto [mg/l] en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en la Línea Base del Proyecto Central Termoeléctrica Andino el año 2006 y en las mediciones realizadas en octubre dentro del marco del Plan de Vigilancia Ambiental del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

2.5.5. Variación sustantiva en la concentración de cloro residual en la superficie y fondo de la columna de agua

Los registros de Cloro Residual en la superficie y el fondo de la columna de agua no cuentan con registros en la Línea Base y solo se realizaron desde la operación de la planta en el año 2013. El límite de detección de los equipos utilizados en las campañas de monitoreo es de 0,01 mg/l. Por lo tanto, cada vez que se detecta Cloro Residual en las campañas de monitoreo,

la calidad del agua marina se clasifica como “regular”.

En las mediciones realizadas en el año 2013, los valores fueron inferiores a los límites de detección del equipo utilizado ($<0,01$ mg/l) tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua en todas las estaciones (Fig. 13). Del total de mediciones realizadas, un 75% y un 68,1% de éstas registraron concentraciones de Cloro Residual mayores a 0,01 mg/l en el fondo y en la superficie respectivamente. En consecuencia, en las mediciones realizadas desde el año 2014 en adelante, fue frecuente el registro de valores por sobre el límite de detección, especialmente en el fondo de la columna de agua. El año 2014 se registraron valores de 0,11 mg/l y 0,15 mg/l de Cloro Residual en la estación D2 en la superficie y el fondo respectivamente, 0,16 mg/l y 0,17 mg/l en la estación A2 en la superficie y fondo respectivamente, y 0,15 mg/l y 0,23 mg/l en la superficie de la estación S1 y en el fondo de la estación N1 respectivamente. En el año 2017, en el fondo de todas las estaciones se registraron concentraciones de Cloro Residual iguales o mayores a 0,05 mg/l, al igual que en la superficie, con la excepción de la estación D2 (Fig. 13).

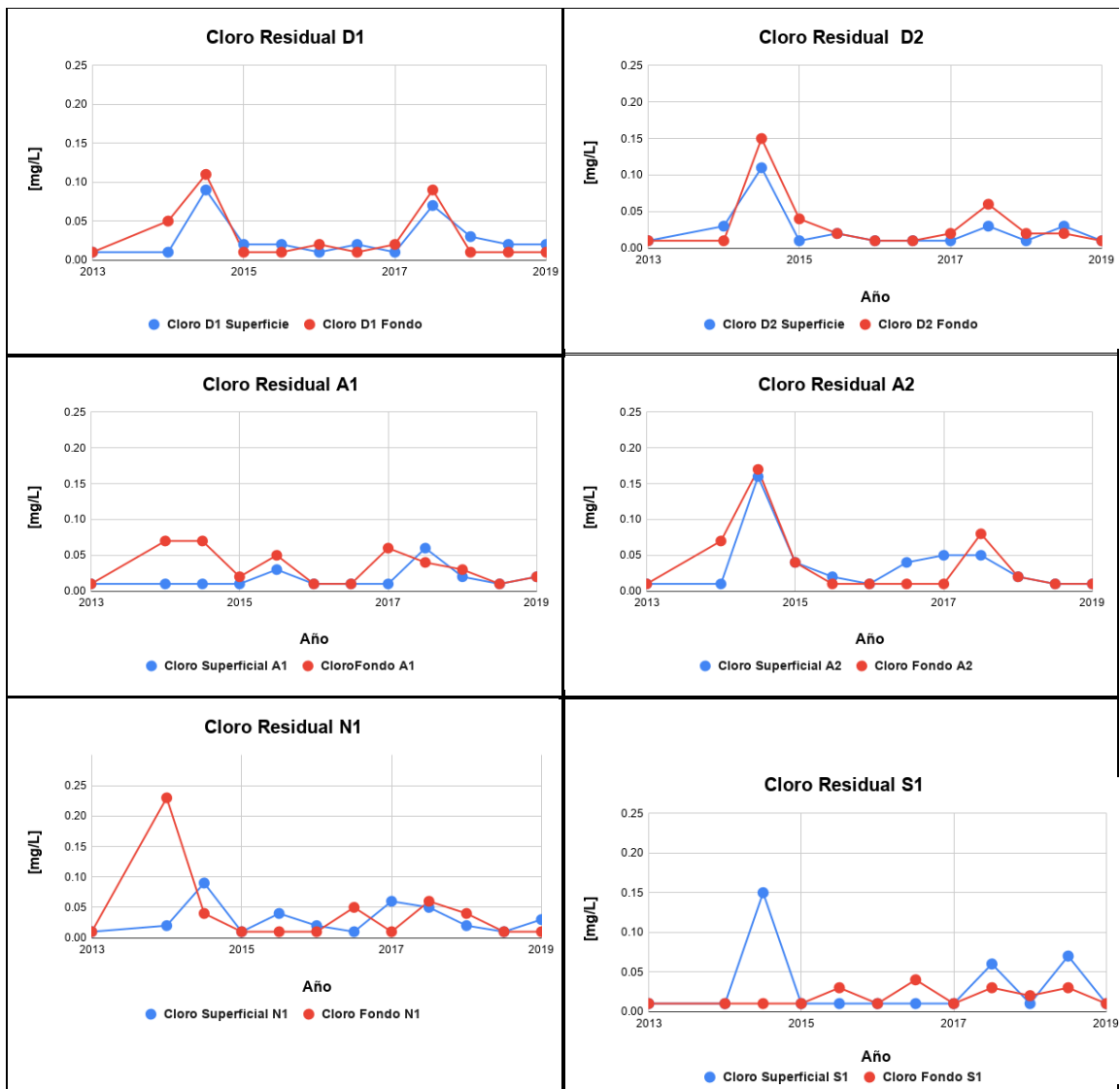


Figura 13. Valores de Cloro Residual [mg/l] en la superficie y el fondo de la columna de agua medidos en las campañas de seguimiento ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Andino realizadas en abril y octubre de cada año desde el 2013 y entregadas a las autoridades dentro del marco del Plan de Vigilancia Ambiental del proyecto. Elaboración propia a partir de los informes entregados por el titular.

2.5.6. Conclusiones

En la temporada abril, se observa un incremento de la temperatura superficial y del fondo de la columna de agua con respecto a la línea base (Fig. 8). Los mayores incrementos de temperatura en la columna de agua se registraron en todas las estaciones el año 2016, con incrementos de hasta más de 5°C con respecto a las temperaturas registradas en la línea base en cada estación (Fig. 8). Para las mediciones correspondientes al mes de octubre, también se registra un incremento en la temperatura superficial y del fondo con respecto a las temperaturas registradas en la Línea Base de hasta más de 4°C (Fig. 9). En todas las estaciones se registra un incremento en la temperatura en el año 2015, más acentuada en el fondo de la columna de agua que en la superficie (Fig. 9). En consecuencia, se registran variaciones sustantivas en la variable temperatura en las estaciones de monitoreo caracterizadas en la línea base y en los Planes de Vigilancia Ambiental (Fig. 8 y 9).

Para aguas marinas, las directrices señalan que los cambios de pH deben ser limitados, con una restricción en la variación máxima, de no más de 0.5 unidades de pH, y en zonas costeras, de una variación de no más de 0.2 unidades de los valores máximos o mínimos estacionales naturales (ANZECC 1992, USEPA, 1986). Sin embargo, las variaciones de pH registradas en la superficie y el fondo de la columna de agua a lo largo de la operación de este proyecto se registran variaciones de hasta casi 3 unidades de pH (Fig. 10).

En las caracterizaciones de la Línea Base del pH en la superficie y el fondo de la columna de agua en el año 2006, todos los valores registrados estuvieron en el rango entre 7,6 y 7,76 (Fig. 10). Se registraron sustantivas variaciones e incrementos en los valores de pH en el fondo y en la superficie en todas las estaciones de monitoreo, registrándose todas las estaciones con valores de pH superiores a las 8 unidades en abril de 2017 (Fig. 10).

Además, se registró un aumento en la diferencia de pH entre la superficie y el fondo de la columna de agua (Fig. 10). Mientras en la Línea Base, la mayor diferencia de pH entre superficie y fondo de la columna de agua fue de 0.04 unidades, en las campañas de seguimiento ambiental se registraron diferencias de hasta 0.94 unidades entre la superficie y el fondo de la columna de agua (Fig. 10).

Cambios en el pH pueden tener efectos tóxicos indirectos en la biota acuática a través de cambios en la toxicidad de varios contaminantes. Por ejemplo, los pH bajos pueden aumentar la toxicidad del cianuro y aluminio, mientras que el aumento del pH aumenta la toxicidad del amoníaco (ANZECC 1992). Cuando residuos alcalinos o agentes básicos son vertidos en el mar desde estaciones termoeléctricas, el incremento en el pH puede favorecer la toxicidad de otros compuestos como el amonio (Anzecc, 2000).

En las concentraciones de Oxígeno Disuelto en la superficie y en el fondo de la columna de agua, es posible observar variaciones sustantivas a lo largo del período caracterizado desde la línea base hasta abril 2019, registrando una tendencia a disminuir las diferencias

en las concentraciones de oxígeno disuelto entre fondo y superficie en las últimas mediciones (Figs. 11 y 12). En las campañas de abril se registra un incremento en la concentración de oxígeno disuelto en el fondo de la columna de agua en todas las estaciones (Fig. 11). En las campañas de octubre, en el fondo de la columna de agua se registra un incremento en las concentraciones de oxígeno disuelto (Fig. 12).

Bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden provocar un aumento en la toxicidad de zinc, plomo, cobre, cianuro, sulfuro de hidrógeno y amonio (Anzecc, 2000). Las larvas de crustáceos y moluscos son sensibles al oxígeno disuelto, y las larvas de poliquetos tienden a aumentar cuando la calidad del agua es baja (Chew et al., 2015; Intxausti et al., 2012). Al observar el análisis taxonómico de macrofauna submareal, se registran poliquetos y cnidarios en los últimos monitoreos, a pesar de que son grupos que no se encontraron en la línea base, mientras los crustáceos y moluscos disminuyen su porcentaje de representatividad (Fig. 2).

La concentración de Cloro Residual en el fondo y superficie de la columna de agua no fue caracterizada en la Línea Base. Por lo tanto, solo se cuenta con valores de Cloro Residual desde que la Central Térmica Andino comenzó sus operaciones, con valores bajo los niveles de detección de los equipos en la mayoría de las estaciones en la primera medición, y con reiterados incrementos en el tiempo, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua (Fig. 13). Gran parte de las mediciones registran concentraciones de Cloro Residual superiores a 0,01 mg/l (Fig. 13). De acuerdo a la Guía CONAMA (2004), entre 0,01 y 0,1 mg/l de Cloro Residual corresponden a un agua marina de Clase 3, es decir, un agua de calidad regular. Por lo tanto, dado que el límite de detección de los equipos utilizados en las campañas de monitoreo es de 0,01 mg/l, cada vez que se detectaron concentraciones de Cloro Residual, el agua marina se clasificaría en categoría regular. Esta calidad indica que el agua es apta para actividades portuarias, navegación u otros usos de menor requerimiento en calidad de agua, quedando fuera de este rango de calidad el desarrollo de acuicultura o actividades pesqueras.

En general, a lo largo de los monitoreos se observa una tendencia al incremento en la presencia de Cloro Residual (Fig. 13). En las últimas campañas de monitoreo, prácticamente la totalidad de las estaciones registran valores de Cloro Residual por sobre los límites de detección (> 0.01 mg/l) (Fig. 13). En términos de toxicidad sobre el medio marino, la Estrategia Nacional de Gestión de Calidad del Agua de Australia y Nueva Zelanda define rangos de toxicidad del Cloro Residual Total para peces y crustáceos marinos. Para peces marinos, se identifican rangos de toxicidad de 0.087 mg/l hasta 0.25 mg/l y para los crustáceos entre 0.02 mg/l hasta los 0.268 mg/l. Concentraciones de hasta 0.02 mg/l -0.05 mg/l provocan inhibición del 50% en la composición de especies del fitoplancton marino³⁷.

³⁷ Hoja de datos de seguridad para materiales peligrosos. Hipoclorito de Sodio. URL: [https://aniqu.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20\(MSDS\).pdf](https://aniqu.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20(MSDS).pdf) Consultado el 07 de mayo 2021.

En adición a lo anterior, en las campañas de monitoreo que se realizan como parte del Plan de Vigilancia Ambiental de Central Térmica Andino, el parámetro medido corresponde al Cloro Libre Residual, compuesto por el Cl_2 , HOCl y ion hipoclorito OCl^- , que solo constituyen una fracción del Cloro Residual Total, que considera todas las especies químicas formadas entre el Cloro y las especies químicas existentes en el agua. Este antecedente nos señala que las concentraciones de Cloro Residual Total son superiores a las concentraciones de Cloro Libre Residual, que ya superan los rangos de toxicidad en diversos registros de las campañas del Plan de Vigilancia Ambiental.

En abril del 2017 se registra un efecto combinado del Cloro Residual, el aumento en el pH y la disminución del oxígeno disuelto. En ese registro, la riqueza de macrofauna submarina disminuyó en las estaciones D2, TS1/11, T01/2, TS0/11 y TS0/2, encontrándose Cloro Residual en concentraciones mayores o iguales a 0.01mg/L en D2, TS1/11, T01/2, N1, y valores de oxígeno disuelto menores que 1 mg/L en D2, TS1/11, N1 y TS0/11 y pH mayor que 8 en todas las estaciones.

Las comunidades de equinodermos no resisten bajos niveles de oxígeno disuelto y elevados niveles de pH (Ampuero, 2018). En abril del 2013 no se registran equinodermos, y tanto el número de especies total y en cada estación disminuye abruptamente (Figs. 2 y 3). Por otra parte, en abril de 2013, disminuye la riqueza de especies de todas las estaciones (Fig. 3), posterior al incremento en las concentraciones de hidrocarburos registrado en todas las estaciones en octubre 2012 (Fig. 7).

Respecto las consideraciones sobre el proyecto y las variaciones sustantivas en las variables de seguimiento, de acuerdo a la información disponible en el Estudio de Impacto Ambiental, la Central Térmica Andino utiliza 53.000 m³ de agua de mar para enfriar el condensador y el sistema cerrado de enfriamiento auxiliar, aumentando la temperatura en 10°C. Es decir, la central está entregando cada día un volumen de agua de mar equivalente a casi 377 piscinas olímpicas con 10°C adicionales a la temperatura con la que el agua es captada. Además del significativo incremento en la temperatura del agua de mar, a las aguas utilizadas en los sistemas de toma de agua de mar, en la planta de desalinización, en la planta de desmineralización, en el acondicionamiento de agua para caldera y en el sistema cerrado de enfriamiento auxiliar, se les agregan distintos compuestos tóxicos en importantes volúmenes estimados cada año (Tabla 3).

**Tabla DP-6
Insumos Químicos para la Operación**

Operación	Función	Producto Químico	Consumo Estimado	
			cantidad	unidades
Sistema de enfriamiento	Anti-corrosivo	Sulfato Ferroso ¹	40	t/año
	Anti-incrustante	Hipoclorito de Sodio	430	t/año
Desalinización	Anti-incrustante	ID-206	780	kg/año
Desmineralización	Regeneración del lecho mixto y Neutralización	Soda Cáustica	450	L/año
		Ácido Sulfúrico	260	L/año
Circuito auxiliar de enfriamiento	Inhibidor de corrosión	Nalco 8325	660	L/año
	Biocida	Nalco 7330	660	L/año
Caldera	Anti-incrustante	Fosfato Trisódico	45	kg/año
	Anti-incrustante	Fosfato Disódico	30	kg/año
	Secuestrante de Oxígeno	Hidracina	900	L/año
	control de pH	Hidróxido de Amonio	1	L/año

Tabla 3. Insumos químicos estimados para la operación de Central Térmica Andino. Fuente: EIA Central Térmica Andino. Descripción del Proyecto. Capítulo 1- pg. 28.

Cada uno de estos compuestos químicos adicionados al sistema de toma de agua de mar, en la planta de desalinización, en la planta de desmineralización, en el acondicionamiento de agua para caldera y en el sistema cerrado de enfriamiento auxiliar es tóxico, y se utiliza en la operación de la central en volúmenes industriales, que son descargados a la Bahía de Mejillones. A continuación, solo a modo de ejemplo, se comentan las fichas de seguridad de tres productos.

El Biocida Nalco 7330 es un pesticida calificado como altamente peligroso para la salud en la ficha de seguridad³⁸. Es un producto corrosivo, que causa daños irreversibles en los ojos o quemaduras en la piel. Es dañino si se inhala, traga o se absorbe por la piel. Con temperaturas elevadas o mediante acción mecánica, puede formar vapores o vahos que pueden ser irritantes para los ojos, la garganta y los pulmones. Se señala que el producto es tóxico para los peces y la vida silvestre. De acuerdo a la ficha de seguridad, el efluente

³⁸ Ficha de seguridad Nalco ® 7330. URL: [https://files.dep.state.pa.us/Water/Wastewater%20Management/EDMRPortalFiles/Chemical Additives/MSDS/299.pdf](https://files.dep.state.pa.us/Water/Wastewater%20Management/EDMRPortalFiles/Chemical_Additives/MSDS/299.pdf) Consultado el 07 de mayo 2021.

que contiene este producto no debe ser descargado en ríos, lagos ni el océano si no cumple los requisitos del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes y cuenta con los permisos otorgados previo a la descarga. Para la operación de la Central Térmica Andino, se utilizan 660 litros de este producto anualmente (Tabla 3), que son descargados a la Bahía de Mejillones.

El Hipoclorito de Sodio en disolución, es conocido popularmente como cloro. Es un compuesto químico fuertemente oxidante. Se utiliza como desinfectante, y en disolución acuosa solo es estable en pH básico. El hipoclorito de sodio³⁹ puede producir irritación de los ojos, la piel y los tractos respiratorio y gastrointestinal, y la exposición a altos niveles pueden ser fatales. Cuando se libera al agua, se separa en iones de sodio e hipoclorito, que reacciona rápidamente con compuestos orgánicos y otras sustancias que se encuentran en el agua. Esta reacción produce compuestos orgánicos oxidados, como cloraminas, trihalometanos, oxígeno, cloratos, bromatos y bromo-orgánicos. Concentraciones de hasta 0,02-0,05 mg/l provocan inhibición del 50% en la composición de especies del fitoplancton marino. Para la operación de la Central Térmica Andino, se utilizan 430 toneladas de este producto anualmente (Tabla 3), que son descargadas a la Bahía de Mejillones.

2.6. Efectos del Cambio Climático en el Medio Marino

Desde la revolución industrial las tasas de emisiones de gases de efecto invernadero han incrementado de forma exponencial. Actualmente las concentraciones de CO₂ en la atmósfera están sobre las 400 ppm, según la NOAA (Administración Nacional Oceánica y atmosférica), los mayores registrados en los últimos 800.000 años⁴⁰. Estas crecientes cantidades de gases de efecto invernadero están impidiendo que el calor irradiado/refractado desde la superficie de la Tierra se escape al espacio como solía hacerlo, y la mayor parte del exceso de calor atmosférico es absorbido por el océano. Como resultado, el contenido de calor del océano superior ha aumentado significativamente en las últimas décadas, producto del calentamiento global.

Las observaciones realizadas en el tercer capítulo del reporte de Cambio Climático del año 2013⁴¹ proporciona evidencia sólida de que las propiedades oceánicas de relevancia para el clima, han cambiado durante los últimos 40 años. Esto incluye las variables como

³⁹ Hoja de datos de seguridad para materiales peligrosos. Hipoclorito de Sodio. URL: [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20\(MSDS\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Hipoclorito%20de%20sodio%20(MSDS).pdf) Consultado el 07 de mayo 2021.

⁴⁰ Rebecca Lindsey. 2020. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. NOAA Climate.gov:

August 14, 2020 <https://climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

⁴¹ Rhein, M., S.R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R.A. Feely, S. Gulev, G.C. et al. 2013. Observations: Ocean. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

la temperatura del océano, salinidad, calidad, nivel del mar, carbono, pH y oxígeno disuelto.

La Hidracina, o Hidrato de Hidracina⁴², es un compuesto peligroso, que puede provocar cáncer, tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación, puede provocar reacción alérgica en la piel, y es muy tóxico para organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. Debe evitarse su liberación al medio ambiente y la contaminación del suelo, agua y desagües, por ser un producto altamente contaminante. Para la operación de la Central Térmica Andino, se utilizan 900 litros anuales de hidracina (Tabla 3), que son descargadas a la Bahía de Mejillones.

Además de los efectos que tiene la operación de la Central Térmica Andino, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento también se han visto afectadas por eventos reiterados de contaminación en la Bahía de Mejillones: derrames de hidrocarburos en el año 2009⁴³, 2018⁴⁴ y 2019⁴⁵, de carbón el año 2011⁴⁶ y 2020⁴⁷, de amoníaco en el año 2016⁴⁸ y de ácido sulfúrico 2017⁴⁹,⁵⁰.

2.6.1. Cambios de temperatura y contenido de calor en los océanos

El océano domina el cambio de energía debido a su gran masa y alta capacidad calorífica y es prácticamente seguro que la capa superior del océano, es decir por encima de los 700 m se haya calentado entre los años 1971-2010, este incremento corresponde en

⁴² Ficha de datos de Seguridad. Hidrato de Hidracina 80%. URL: <https://quimipur.com/pdf/hidracina-hidrato-80.pdf> Consultado el 07 de mayo 2021.

⁴³ Derrame de hidrocarburos en Puerto Mejillones. Mundomaritimo.cl. 25 de septiembre de 2009. URL: <https://mundomaritimo.cl/noticias/derrame-de-hidrocarburos-en-puerto-mejillones>. Consultado el 07 de mayo de 2021.

⁴⁴ Copec confirma derrame de hidrocarburos en Mejillones. Agricultura.cl. 27 de agosto 2018. URL: <https://www.radioagricultura.cl/nacional/2018/08/27/copec-confirma-derrame-de-hidrocarburos-en-mejillones.html> Consultado el 07 de mayo 2021.

⁴⁵ Denuncian otro derrame de petróleo en sector industrial de Mejillones. Revistaei.cl. 27 de mayo 2019. URL: <https://www.revistaei.cl/2019/05/27/denuncian-otro-derrame-de-petroleo-en-sector-industrial-de-mejillones/> Consultado el 07 de mayo 2021.

⁴⁶ Derrame de carbón provoca extensa mancha en la bahía de Mejillones. Revistaei.cl. 07 de marzo del 2011. URL: <https://www.revistaei.cl/2011/03/07/derrame-de-carbon-provoca-extensa-mancha-en-la-bahia-de-mejillones/> Consultado el 07 de mayo de 2021.

⁴⁷ Mejillones sufre otro desastre ambiental: Derrame de seis toneladas de carbón que iba a la empresa Aes Gener, agrava el drama de la “zona de sacrificio”. Elmostrador.cl. URL: <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2020/02/20/mejillones-sufre-otro-desastre-ambiental-derrame-de-seis-toneladas-de-carbon-agrava-el-drama-de-la-zona-de-sacrificio/> Consultado el 07 de mayo 2021

⁴⁸ Derrame de amoníaco en Mejillones: Entérate de las consecuencias que provocó la emergencia química. Elnortero.cl. 25 de Noviembre de 2016. URL: <https://www.elnortero.cl/noticia/listado/derrame-de-amoniaco-en-mejillones-enterate-de-las-consecuencias-que-provoco-la-emerg> Consultado el 07 de Mayo 2021.

⁴⁹ Vecinos denuncian derrame de ácido en Mejillones tras encontrar animales muertos en la costa. Eldinamo.cl. 13 de noviembre 2017. URL: <https://www.eldinamo.cl/ambiente/2017/11/13/vecinos-denuncian-derrame-de-acido-en-mejillones-tras-encontrar-animales-muertos-en-la-costa/> Consultado el 07 de Mayo de 2021.

⁵⁰ Pescadores exigen más de \$6 mil millones por derrame de ácido en la bahía. CnnChile.com. 12 de septiembre de 2018. URL: https://www.cnnchile.com/pais/crisis-ambiental-acido-mejillones-pescadores_20180912/ Consultado el 07 de mayo de 2021.

promedio a 0.11 °C por década en los 75 m superiores y un incremento del contenido calórico del océano de un 93%, esta afirmación tiene un nivel de confianza alto según el IPCC.

2.6.2. Cambios en la salinidad

El reporte también menciona los efectos del cambio climático en cuanto a la salinidad del océano, las aguas superficiales salinas en las latitudes medias dominadas por la evaporación se han vuelto más salinas, mientras que las aguas superficiales relativamente frescas en las regiones tropicales y polares dominadas por las lluvias se han vuelto más diluidas en cuanto a la concentración de salinidad. El contraste medio entre las regiones de alta y baja salinidad aumentó en 0,13 [0,08 a 0,17] entre 1950 y 2008. Es muy probable que las tendencias a gran escala en la salinidad también se hayan presentado en el interior del océano.

2.6.3. Variación del pH global del océano

Cuando el CO₂ antropogénico se disuelve en el agua de mar, reacciona para formar ácido carbónico aumentando la acidez, es decir, el pH disminuye, lo que se conoce como “acidificación de los océanos”. Si se parte del inicio de la era industrial hasta el presente, el pH de las aguas superficiales del océano ha disminuido 0,1 unidades de pH, lo que equivale a un aumento global de ~30% en la concentración de iones hidrógeno. Y se prevé que disminuya de 0,3 a 0,4 unidades hacia finales de este siglo. En un estudio realizado en las aguas costeras del Pacífico, se reportaron valores de pH de hasta 7.6 cerca de la superficie en las costas, cuando el valor normal debería ser entre 8 y 8,1 de pH, producto del transporte de aguas frías por surgencias costeras⁵¹. Pareciera que estas variaciones no son significativas en términos de magnitud, sin embargo, hay que recordar que el pH se mide en escala logarítmica, por lo que no se logra dimensionar el real impacto que tiene esta variación en el ecosistema marino. A pesar de ello, existen reportes que señalan los riesgos y amenazas que presentan las pesquerías producto del proceso de acidificación⁵².

2.6.4. Variación en el Oxígeno Disuelto

El estudio de Schmidtko et al. (2017)⁵³ proporciona una evaluación cuantitativa de todo el inventario de oxígeno del océano mediante el análisis del oxígeno disuelto y los datos

⁵¹ Ayón, J. M. H., Lara, J. R. L., & Castro, G. G. 2017. La acidificación del océano: situación en aguas mexicanas. Elementos para Políticas Públicas, 1(1), 35-42.

⁵² Emily Greenhalgh. 2014. Increasing ocean acidification threatens Alaska’s valuable commercial and subsistence fisheries. NOAA Climate.gov:

<https://www.climate.gov/news-features/featured-images/increasing-ocean-acidification-threatens-alaska%E2%80%99s-valuable-commercial>

⁵³ Schmidtko, S., Stramma, L. & Visbeck, M. 2017. Disminución del contenido global de oxígeno oceánico durante las últimas cinco décadas. Nature 542, 335–339.

de respaldo de la columna de agua oceánica completa durante los últimos 50 años. Se encontró que el contenido global de oxígeno oceánico de $227,4 \pm 1,1$ petamoles ha disminuido en más del dos por ciento ($4,8 \pm 2,1$ petamoles) desde 1960, con grandes variaciones en la pérdida de oxígeno en diferentes cuencas oceánicas y a diferentes profundidades. Además, sugiere que los cambios en la columna de agua superior se deben principalmente a una disminución en la solubilidad del oxígeno inducida por el calentamiento y el consumo biológico.

2.6.5. Capacidad de amortiguación de CO₂

La capacidad de amortiguación o fijación del exceso de CO₂ en la atmósfera está ligado a dos componentes principales: uno químico y otro biológico. El agua de mar actúa como buffer gracias a que el ácido carbónico (iones de bicarbonato e iones de carbonato) se encuentran en concentraciones equilibradas, aunque no iguales entre sí (un 87% del carbón inorgánico es bicarbonato, un 12% es carbonato y un 1% corresponde a ácido carbónico y dióxido de carbono combinados), generando resistencia a cambios en el pH de los océanos. Siendo entonces el pH normal de agua de mar, aproximadamente de 8,1 – 8,3.

El aumento del dióxido de carbono disuelto produce un aumento en los iones de hidrógeno y un descenso del pH del océano, lo que se conoce como acidificación de los océanos. Ante esta situación, se espera que la acidificación del océano disminuya la concentración de carbonato de calcio (CaCO₃) y que aumente la capacidad del océano para absorber más dióxido de carbono (CO₂) desde la atmósfera. De esta forma, la tasa de absorción de dióxido de carbono antropogénico de la atmósfera podría anular por completo estos mecanismos de amortiguación naturales, por lo que la eficiencia del océano para absorber carbono probablemente disminuirá con el tiempo durante los próximos dos siglos.

El CO₂ también es fijado biológicamente por medio de la producción primaria del fitoplancton. Es sabido que dichos microorganismos colectivamente pueden fijar (incorporar a su biomasa a través de la fotosíntesis) entre 30 y 50×10^9 toneladas métricas de carbono por año, lo que corresponde a aproximadamente a un 40% del total global⁵⁴⁵⁵. Lo que implica dos cosas: un aumento de materia orgánica en los ecosistemas marinos ligados al exceso de CO₂ atmosférico, y sus consecuencias, y que parte de la capacidad de amortiguar este exceso por parte de los océanos está estrechamente ligado a los cambios que puedan sufrir las comunidades de fitoplancton a causa del cambio climático y el calentamiento global.

⁵⁴ 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.

⁵⁵ Falkowski, P.G. and Woodhead, A.D. 1992. Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea. Plenum Press, New York 550 pp.

2.6.6. Efectos sobre la Biodiversidad

Debido a que todos los componentes actúan de manera sinérgica, los efectos del calentamiento global sobre la biota marina son hasta la fecha incalculables, sin embargo, existe una seria de evidencia científica de cómo estas variaciones afectan las componentes del ecosistema marino, como, por ejemplo:

Los cambios en la temperatura del agua pueden afectar los ambientes donde viven los peces, mariscos y otras especies marinas, y hacer que busquen nuevas aguas. Un nuevo indicador, desarrollado conjuntamente por la EPA y la NOAA, muestra que, a lo largo de las costas, las especies marinas se están desplazando hacia el norte o hacia aguas más profundas y, a medida que las especies de presas más pequeñas se trasladan, las especies depredadoras pueden seguirlas⁵⁶. Por otro lado, el aumento de la acidez interfiere con la capacidad de la vida marina para extraer calcio del agua para construir sus conchas y esqueletos, afectando a organismos marinos grandes: como corales, ostras, almejas, mejillones, caracoles, y microorganismos como el fitoplancton y zooplancton, los que forman la base de los alimentos marinos⁵⁷.

Los científicos estiman que, en los próximos miles de años, el océano absorberá el 90% de las emisiones antropogénicas de CO₂. Esto puede afectar potencialmente los procesos biológicos y geoquímicos como la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes que son vitales para los ecosistemas marinos de los que dependen la sociedad humana y muchos sistemas naturales. Al mismo tiempo, los organismos marinos enfrentarán el enorme desafío de adaptarse a la acidificación del océano, el calentamiento del agua y la disminución de las concentraciones de oxígeno del subsuelo del océano.

Cabe mencionar que estas variaciones corresponden a promedios, tendencias y proyecciones globales, por lo que puede ocurrir que las condiciones y/o características de ciertas regiones no coinciden con el escenario a nivel mundial, es por eso que expertos recomiendan medir y analizar las variables por región para comprender la magnitud de los efectos del cambio climático de manera más localizada, con una visión holística de los componentes y no solo a través de las partes que lo componen. Por todo lo anterior, se hace necesario estudiar las condiciones de base de las costas chilenas para comprender y generar las medidas adecuadas de mitigación y conservación.

2.6.7. Influencia del cambio climático en la Bahía de Mejillones

⁵⁶ <https://www.climate.gov/news-features/featured-images/search-cooler-waters-marine-species-are-shifting-northward-or-diving>

⁵⁷ <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-chemistry/ocean-acidification/>

La península de Mejillones, es uno de los focos más importantes de surgencia a nivel nacional, y particularmente en el norte de Chile. Estudios observacionales^{58,59,60,61,62,63,64,65} y de modelación⁶⁶ han mostrado que las dinámicas de los ecosistemas costeros en dicha área dependen en gran medida de la surgencia presente, particularmente en la punta norte de la península (Punta Angamos), la cual ha sido identificada como el principal mecanismo de enriquecimiento de nutrientes en las capas superficiales del océano⁶⁷, afectando la producción primaria⁶⁸ y la retención de organismos planctónicos⁶⁹.

La surgencia permanente en la Bahía de Mejillones (que en el resto del país son de carácter estacional) produce un ensamble de fitoplancton altamente productivo⁷⁰, el cual presenta abundancias aún más altas al ocurrir eventos de surgencia más intensos/frecuentes (mayor producción primaria) en las aguas de la bahía⁷¹, lo que convertiría a las costas de Mejillones en un importante sumidero de carbono, funcionando como un “pulmón verde” marino. Además de este enriquecimiento producto de surgencias permanentes, la bahía de Mejillones es una de las pocas bahías existentes

⁵⁸ Marín, V.H., Rodríguez, L., Vallejo, L., Fuenteseca, J. & Oyarce, E. 1993. Effects of coastal upwelling on the spring primary productivity of Mejillones del sur Bay (Antofagasta, Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* 66, 479–491.

⁵⁹ Escribano, R., Marín, V.H. & Irribarren, C. 2000. Distribution of *Euphausia mucronata* at the upwelling area of Peninsula Mejillones, northern Chile: the influence of the oxygen minimum layer. *Scientia Marina* 64, 69–77.

⁶⁰ Marín, V.H., Escribano, R., Delgado, L.E., Olivares, G. & Hidalgo, P. 2001. Nearshore circulation in a coastal upwelling site off the northern Humboldt Current System. *Continental Shelf Research* 21, 1317–1329.

⁶¹ Olivares, G. 2001. Mecanismos de interacción físico-químicas en una zona de surgencia costera: retención de larvas y cierre del ciclo de vida de *Euphausia mucronata*. M.Sc. thesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

⁶² Sobarzo, M. & Figueroa, D. 2001. The physical structure of a cold filament in a Chilean upwelling zone (Península de Mejillones, Chile, 23°S). *Deep-Sea Research I* 48, 2699–2726.

⁶³ Escribano, R., Marín, V.H., Hidalgo, P. & Olivares, G. 2002. Physical-biological interactions in the pelagic ecosystem of the nearshore zone of the northern Humboldt Current System. In *The Oceanography and Ecology of the Nearshore and Bays in Chile*, J.C. Castilla & J.L. Largier (eds). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 145–175.

⁶⁴ Rojas, P.M., Escribano, R. & Marín, V.H. 2002. Fish larvae distribution off Mejillones Peninsula (northern Chile) during a coastal upwelling event in Spring 1999: interactions with the cold upwelling plume. *Fisheries Oceanography* 11, 233–244.

⁶⁵ Marín, V.H., Delgado, L.E. & Escribano, R. 2003. Upwelling shadows at Mejillones Bay (northern Chilean coast): a remote sensing in situ analysis. *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 31, 47–55.

⁶⁶ Escribano, R., Rosales, S.A. & Blanco, J.L. 2004. Understanding upwelling circulation off Antofagasta (northern Chile): a 3-dimensional numerical-modeling approach. *Continental Shelf Research* 24, 37–53.

⁶⁷ Marín, V.H. & Olivares, G.R. 1999. Seasonality of primary productivity in Mejillones del Sur Bay (Chile): a process-functional approach. *Revista Chilena de Historia Natural* 72, 629–641.

⁶⁸ Marín, V.H., Delgado, L.E. & Escribano, R. 2003. Upwelling shadows at Mejillones Bay (northern Chilean coast): a remote sensing in situ analysis. *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 31, 47–55.

⁶⁹ Olivares, G. 2001. Mecanismos de interacción físico-químicas en una zona de surgencia costera: retención de larvas y cierre del ciclo de vida de *Euphausia mucronata*. M.Sc. thesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

⁷⁰ Rodríguez, L., Escribano, R., Grone, G., Irribarren, C. & Castro, H. 1996. Ecología del fitoplancton en la Bahía de Antofagasta (23°S), Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso (Chile)* 31, 65–80.

⁷¹ Ortlieb, L., Escribano, R., Follegati, R., Zuniga, O., Kong, I., Rodríguez, 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.

a lo largo del país donde es posible desarrollar la maricultura, cultivo de ostiones, ostras, mejillones y gracilaria (pelillo) a pequeña escala⁷², al no estar expuesta al océano abierto, siendo un sitio estratégico para el desarrollo de la actividad pesquera.

Por otro lado, Valdés et al. (2003) sugieren que la ciclicidad de la productividad se ve afectada en el tiempo debido a variaciones en la intensidad de la surgencia o bien al desplazamiento del centro principal de surgencia de la zona, que corresponde a Punta Angamos, el que ha tendido a alejarse de Bahía Mejillones, disminuyendo la productividad⁷³.

A su vez, las corrientes de surgencia actúan como barreras geográficas para la dispersión de especies con bajo potencial de dispersión como bivalvos u otros organismos sésiles, representando fuertes barreras en el flujo genético, haciéndolas más vulnerables a extinciones locales. Esto se observa en el ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), donde se ha registrado una gran diferenciación morfológica y genética entre poblaciones distanciadas a solo 50 km de distancia⁷⁴, lo que se atribuye a su bajo potencial de dispersión en la Península de Mejillones, a diferencia de especies con alto potencial de dispersión, que no muestran evidencia de una discontinuidad genética asociada a un quiebre biogeográfico⁷⁵.

Se han observado importantes cambios en el ecosistema marino costero de Bahía Mejillones en los dos últimos siglos, caracterizados por actividades asociadas a eventos ENOS, a variaciones en la exportación de la productividad biológica a gran escala, variaciones en la oxigenación del agua de fondo y a una intensificación de la actividad eólica⁷⁶. Y 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 surgencia⁷⁷, al generar un aumento en la tasa de

⁷² Thiel M, Macaya E, Acuña E, Arntz WE, Bastias H, et al. 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 45: 195-344.

⁷³ Valdés, J., Ortileb, L., & Sifeddine, A. 2003. 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. *Revista chilena de historia natural*, 76(3), 347-362.

⁷⁴ Moragat, D., Avendaño, M., Peña, J., Le Pennect, M., Tanguyt, A. & Baron, J. 2001. Genetic and morphological differentiation between two pectinid populations of *Argopecten purpuratus* from the northern Chilean coast. *Estudios Oceanológicos* 20, 51-60.

⁷⁵ Gomez-Uchida, D., Weetman, D., Hauser, L., Galleguillos, R. & Retamal, M. 2003. Allozyme and AFLP analyses of genetic population structure in the hairy edible crab *Cancer setosus* from the Chilean coast. *Journal of Crustacean Biology* 23, 486-494.

⁷⁶ Díaz-Ochoa, JA, Pantoja, S., De Lange, GJ, Lange, CB, Sánchez, GE, Acuña, VR, Muñoz, P., y Vargas, G. : Variabilidad de oxigenación en la Bahía de Mejillones, norte de Chile, durante los dos últimos siglos, *Biogeociencias*, 8, 137-146, <https://doi.org/10.5194/bg-8-137-2011>, 2011.

⁷⁷ Bakun, A. 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science* 247, 198-201.

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.

Caniupán *et al.* (2009) señalan que la intensificación de los vientos que favorecen la surgencia en Punta Angamos, podría ser una consecuencia ante cambios oceánico-climáticos a escala de la cuenca del Pacífico. Además, estos mismos autores indican que debido al incremento de la surgencia, también incrementa la productividad fitoplanctónica, favoreciendo la generación de carbono orgánico y nitrógeno en los sedimentos⁷⁸.

Esto se ha observado en el sistema de Corrientes de Benguela, donde la actual intensificación de las surgencias (relacionadas con el efecto invernadero de los gases presentes en la atmósfera) parece estar causando la degradación abrupta de los ecosistemas⁷⁹⁸⁰. Por lo tanto, en un escenario en que la concentración de gases de efecto invernadero va en aumento, los efectos del cambio climático (particularmente en el aumento de los vientos y la intensificación de las surgencias) a lo largo de la corriente de Humboldt provocarán fuertes cambios en los ecosistemas marinos a lo largo de Chile, ya que el aumento en las surgencias implica un aumento en la disponibilidad de nutrientes en la capa superficial del océano, pudiendo generar la eutrofización de los ecosistemas o proliferación de microorganismos nocivos (como el caso de la “marea roja” en el sur del país).

Actualmente, los sistemas de surgencia a nivel mundial están experimentando “cambios anormales”⁸¹⁸²⁸³⁸⁴, generando importantes cambios en la productividad, ciclos biogeoquímicos y pesquerías. Debido a esto, puntos importantes de surgencia como el de

⁷⁸ CANIUPÁN, MAGALY, VILLASEÑOR, TANIA, PANTOJA, SILVIO, LANGE, CARINA B, VARGAS, GABRIEL, MUÑOZ, PRÁXEDES, & SALAMANCA, MARCO. (2009). Sedimentos laminados de la Bahía Mejillones como registro de cambios temporales en la productividad fitoplanctónica de los últimos ~ 200 años. *Revista chilena de historia natural*, 82(1), 83-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000100006>

⁷⁹ 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.

⁸⁰ Bakun, A. & Weeks, S.J. 2004. Greenhouse gas buildup, sardines, submarine eruptions and the possibility of abrupt degradation of intense marine upwelling ecosystems. *Ecology Letters* 7, 1015–1023.

⁸¹ Freeland, H.J., Gatién, G., Huyer, A. & Smith, R.L. 2003. Cold halocline in the northern California Current: an invasion of subarctic water. *Geophysical Research Letters* 30 (3), 1141.

⁸² Grantham, B.A., Chan, F., Nielsen, K.J., Fox, D.S., Barth, J.A., Huyer, A., Lubchenco, J. & Menge, B.A. 2004. Upwelling-driven nearshore hypoxia signals ecosystem and oceanographic changes in the northeast Pacific. *Nature* 429, 749–754.

⁸³ Kuypers, M.M., Lavik, G., Woebken, D., Schmid, M., Fuchs, B.M., Amann, R., Jorgensen, B.B. & Jetten, M.S.M. 2005. Massive nitrogen loss from the Benguela upwelling system through anaerobic ammonium oxidation. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102, 6478–6483.

⁸⁴ Arntz, W.E., Gallardo, V.A., Gutiérrez, D., Isla, E., Levin, L.A., Mendo, J., Neira, C., Rowe, G.T., Tarazona, J. & Wolff, M. 2006. El Niño and similar perturbation effects on the benthos of the Humboldt, California, and Benguela Current upwelling ecosystems. *Advances in Geosciences* 6, 243–265.

Mejillones, serían los primeros en sufrir estas “anomalías” a causa del cambio climático, por lo que sus ecosistemas se verían profundamente afectados en el futuro.

Igualmente, se proyecta que el cambio climático intensificará los eventos ENSO⁸⁵⁸⁶(El Niño Oscilación Sur), el cual provoca la mortalidad en masa de algas marinas y animales, muchos de los cuales terminan varando en las playas⁸⁷. Por lo que aquellas especies en el límite inferior de la zona intermareal que se ven negativamente afectadas por ENSO, serían mucho más susceptibles a la intensificación de este fenómeno, junto con aquellas actividades de pesca y cultivo que se realicen cercano a la costa.

La oxigenación subsuperficial también ha sufrido grandes cambios en los pasados dos milenios, ya que inicialmente la ZMO era más profunda, favoreciendo un ambiente de fondo dentro de la bahía, un poco más oxigenado que lo que se registra actualmente⁸⁸. Sin embargo, esto ha variado probablemente gracias a un ascenso del límite superior de la ZMO, intensificando la condición subóxica-anóxica del ambiente de fondo de la Bahía de Mejillones. Esto se refuerza con lo señalado por Valdés y Ortlieb (2001), quienes en sus resultados observaron que las aguas subsuperficiales de la bahía han sido pobres en oxígeno durante los pasados 3 milenios, pero que habría una intensificación de la condición de mínimo oxígeno del ambiente de fondo de la bahía hacia el presente⁸⁹.

Los cambios en los parámetros fisicoquímicos en la columna de agua producto de las descargas de la Central Termoeléctrica Andino, estarían aportando a la perturbación del ecosistema de Mejillones, que ya se encuentra en estado vulnerable frente al cambio climático. En un escenario donde la temperatura de los océanos ya está aumentando por efecto del cambio climático, la descarga de agua a mayores temperaturas que las locales, y altas concentraciones de cloro, pueden generar cambios aún más alarmantes en el ensamble de microorganismos planctónicos, el cual no se encuentra monitoreado por el actual plan de seguimiento ambiental de la Central.

La presencia de gases de efecto invernadero a escala local pueden a su vez aumentar la intensidad de los vientos⁹⁰ y con ello la surgencia y disponibilidad de nutrientes,

⁸⁵Wang, B., Luo, X., Yang, Y.-M., Sun, W., Cane, M. A., Cai, W., Yeh, S.-W., & Liu, J. (2019). Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(45), 22512–22517.

⁸⁶ Power, S., Delage, F., Chung, C., Kociuba, G., & Keay, K. (2013). Robust twenty-first-century projections of El Niño and related precipitation variability. *Nature*, 502(7472), 541–545.

⁸⁷ Arntz, W. 1986. The two faces of El Niño 1982–1983. *Meeresforschung* 31, 1–46.

⁸⁸ Valdés, J., Ortlieb, L., & Sifeddine, A. 2003. 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. *Revista chilena de historia natural*, 76(3), 347-362.

⁸⁹ Valdés, J., & Ortlieb, L. 2001) Paleoxigenación subsuperficial de la columna de agua en la bahía Mejillones del sur (23oS): Indicadores geoquímicos en testigos de sedimento marino. *Investigaciones marinas*, 29(1), 25-35.

⁹⁰ 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.

generando eutrofización y posible anoxia en la zona, debido al aumento de la demanda de oxígeno tanto química como biológica, y la consecuente mortandad de organismos que esto lleva. No solo afectando la biodiversidad local y stock de recursos, sino también la capacidad de absorber carbono en sus costas.

El reemplazo de especies, que afecta directamente la biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas, ya fue demostrado en los análisis realizados en los monitoreos del Plan de Seguimiento Ambiental del medio marino para la Central, que en el caso de especies de bajo potencial de dispersión, puede significar la extinción local de poblaciones únicas en su tipo, al encontrarse geográficamente aisladas por las corrientes de la surgencia, perdiéndose una parte importante del patrimonio genético. Esto afectaría al ecosistema de la bahía de Mejillones, junto a la capacidad económica de los lugareños, al perjudicarse el stock y calidad de los recursos marinos de la zona, que como ya se ha mencionado antes, es única en su tipo, al presentar un equilibrio estratégico entre una gran productividad debido a las surgencias y estar geográficamente protegida por la península de las fuertes corrientes costeras.

Obviamente, más allá del proceso de surgencia o las consecuencias de la intensificación en el fenómeno de ENSO, las costas de la bahía se ven 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, disminución en la disponibilidad de oxígeno, etc. Por lo que de por sí el cambio en los parámetros químicos y descarga de contaminantes potencia dichas problemáticas, aunque no existiese el escenario planteado anteriormente.

2.6.8. Evaluación ambiental y consideraciones de variables de cambio climático

Ya adelantamos, en relación con la variación sustantiva de la variable calidad del aire por cambio normativo en la consideración de las emisiones de CO₂ a la atmósfera de la Central Andino, que sobre la obligación de incorporar el cambio climático en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, el mecanismo que contempla el artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300, y el artículo 74 del Reglamento del SEIA puede ser analizado como una “herramienta” que entrega la regulación ambiental en el caso de proyectos que ya cuentan con una RCA y deben abordar de manera posterior un escenario climático, distintos al evaluado originalmente. Aquello permite afrontar el cambio climático como un riesgo en el marco del SEIA.

El procedimiento en cuestión consiste en la revisión de la RCA cuando las variables hayan variado sustantivamente o no se hayan verificado, con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones no previstas. En el caso, el proyecto fue aprobado por un EIA, y como se ha señalado latamente, existe una variación sustantiva de los componentes ambientales, que no se comportaron conforme a lo previsto en la evaluación, como consecuencia del cambio climático.

Cabe señalar, que la reciente Ley Marco de Cambio Climático consagra en su artículo 40 sobre el SEIA y la variable cambio climático que:

“Asimismo, la variable del cambio climático deberá ser considerada para efectos de lo dispuesto en el artículo 25 quinquies de la ley N° 19.300. Para efectos de lo dispuesto en este inciso, el procedimiento administrativo de revisión podrá ser iniciado de oficio, a petición del titular, o a solicitud de la Superintendencia del Medio Ambiente.”

De igual forma, la Guía Metodológica para la Consideración del Cambio Climático en el SEIA publicada en enero de 2023, señala que:

“Cabe recordar que en el caso de requerir la modificación de una medida esta deberá ser analizada bajo los criterios de “cambio de consideración”, establecidos en los subliterales del artículo 2° letra g) del Reglamento del SEIA. Adicionalmente, conforme al artículo 40 inciso 3° de la Ley N°21.455 y el artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300, la RCA podrá ser excepcionalmente revisada, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el Plan de Seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación con lo proyectado o no se hayan verificado, a fin de adoptar las medidas correctivas necesarias.”

A mayor abundamiento, los Tribunales Ambientales se ha referido a la incorporación del cambio climático en evaluación de impacto ambiental, específicamente el Tercer Tribunal Ambiental de Valdivia, en su sentencia del 17 de marzo de 2022, en autos rol R-36-2020 analiza la incorporar el cambio climático en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental de proyectos.

El Tribunal razona de modo general respecto a la incorporación del cambio climático en evaluación de impacto ambiental, señalando que:

“(…) si bien no existe sobre los titulares de proyectos un deber explícito en torno a evaluar los efectos ambientales relacionados con el fenómeno del cambio climático, como sugiere el SEA, no es menos cierto que la evaluación ambiental de proyectos exige que los potenciales impactos sean predichos y evaluados a partir de las características propias del ecosistema, incluyendo todas las variables que pudieran tener efecto futuro sobre los impactos del Proyecto; todo ello, considerando tanto el estado de los elementos del medio ambiente como la ejecución del proyecto o actividad, en su condición más desfavorable” (TTA, 17 de marzo de 2022, c. 39°).

A continuación, reconociendo las modificaciones que el fenómeno del cambio climático provocará a nivel nacional en los próximos años, y la vulnerabilidad del país ante estas proyecciones, el Tribunal concluye que:

“incorporar la variable del cambio climático en la predicción y evaluación de impactos ambientales en el futuro parece ser una necesidad ineludible” (TTA, 17 de marzo de 2022, c. 39°).

Ahora, cabe precisar que el proceso de revisión de la RCA va en armonía con una serie de principios contemplados en la institucionalidad ambiental, especialmente el principio preventivo; equidad y justicia climática; progresividad y no regresión; urgencia climática; y flexibilidad.

En relación al principio preventivo, se ha relevado recientemente que su función en el SEIA implica ocupar el conocimiento científico disponible para mediante un razonamiento prospectivo⁹¹, minimizar los efectos ambientales negativos asociados a un proyecto⁹²

En otras palabras, la evaluación ambiental cumple con su función preventiva, cuando utilizando la información disponible, minimiza los impactos ambientales negativos.

Lo anterior se relaciona directamente con la flexibilidad de la RCA como instrumento, pues esta debe servir de vínculo de juridicidad permanente entre la actividad realizada y la legalidad administrativa, así se ha dicho:

“[...] la actividad autorizada no sólo afecta a algo que ya estaba, sino también a algo que está siendo y que debe seguir siendo conforme en todo momento al interés general. Más aun tratándose de materias ambientales, en donde los aspectos que principalmente experimentan una permanente modificabilidad corresponden a los estándares de contaminación, entendiéndose por ello a aquellos umbrales o límites generales de permisibilidad en función de la capacidad de absorción que posee el medio receptor en el que se desarrolla una actividad⁹³”.

De forma tal que el fundamento de existencia de la Resolución de Calificación Ambiental es su adecuación con el ordenamiento jurídico. Por lo cual, una variación en algún sentido de esta relación implica que la Resolución vea perdido su sustento normativo a causa del

⁹¹ Corte Suprema, Brucher Valenzuela, “Hernán con asociación gremial Cámara de Comercio de Penco” rol N° 91622 - 2021 de fecha 13.1.23. C.25. “Que, para resolver el capítulo en estudio se debe tener presente que el sistema de evaluación de impacto ambiental tiene, como se adelantó en el fundamento vigésimo cuarto, una naturaleza preventiva, pues busca predecir los impactos o afectaciones que pueda generar en el medio ambiente una actividad determinada, fundándose en el principio preventivo que, como se analizó, constituye la piedra angular de la normativa medioambiental. [...]”

⁹² Corte Suprema, “Brucher Valenzuela, Hernán con asociación gremial Cámara de Comercio de Penco” rol N° 91622 - 2021 de fecha 13.1.23. C.21. “Que, asimismo, se debe tener presente en el análisis de los arbitrios los principios precautorio y preventivo. El primero impone una actuación anticipada, incluyendo las situaciones en que no se cuenta con la certeza absoluta de los efectos que un determinado hecho puede tener para el medio ambiente, como, asimismo, el principio preventivo, que supone el conocimiento científico de las consecuencias ambientales de una determinada actividad. Es decir, opera cuando el daño ambiental es previsible, de acuerdo con la evidencia con que se cuenta. [...]”

⁹³ Sepúlveda Solar, Doris. 2019. «La modificación De La Normativa Ambiental Aplicable a Un Proyecto Que Cuenta Con Una resolución De calificación Ambiental». Revista De Derecho Aplicado LLM UC, n.º 3 (julio). <https://doi.org/10.7764/rda.0.3.1121>.

término de la conexión entre sus disposiciones, el derecho objetivo y las circunstancias materiales en que el proyecto se despliega.

Por lo cual, el procedimiento de revisión de la RCA, es acorde al principio preventivo, ya que, al recuperar la efectividad de las medidas determinadas en un proceso de evaluación anterior, evita de esta forma la obsolescencia del instrumento de gestión ambiental

Ahora, respecto al principio de flexibilidad, la doctrina ha sostenido que es necesario - para una buena administración- que la actividad estatal se adapte a la variabilidad climática y ambiental mediante un cambio de paradigma que posibilite la intervención estatal para la consecución de fines ambientales⁹⁴.

Es decir, el deber de flexibilidad estatal en materia ambiental y climática exigen una actividad administrativa responsiva o “de la luz verde”, es decir, la forma de control respecto de la actividad administrativa ambiental debe tender a la operativización, como forma de maximizar la cobertura de la función pública⁹⁵.

Lo anterior es plenamente compatible con la naturaleza de la RCA como una autorización administrativa, la cual como vimos es un instrumento que es sensible a los cambios. Entonces en un proceso de revisión, la flexibilidad en materia climática redundará en, por un lado, la RCA como instrumento debe ser capaz de ser un vehículo eficaz para ejercer las funciones de minimización de los efectos ambientales adversos derivados de la crisis climática. Por otro lado, la revisión de la RCA debe precisamente permitir actualizar esta adecuación con el interés general.

En relación al principio de equidad y justicia climática, contemplado en la Ley Marco de Cambio Climático, puede ser abordado desde una arista de justicia social, por lo cual tiene una dimensión distributiva, restaurativa y procedimental, o en otras palabras, lo que se busca es una adecuada distribución de los riesgos climáticos minimizando tanto su generación como la restauración de las personas y comunidades que se han visto impactadas por una mala distribución de los pasivos climáticos, lo anterior se cristaliza en la dimensión procedimental, es decir, en el hecho de que los tomadores de decisiones deben integrar los elementos de la justicia climática a sus procedimientos de toma de decisión⁹⁶.

Así, en el caso, la autoridad al revisar la Resolución de Calificación Ambiental debe, no sólo considerar la justicia en la distribución de pasivos climáticos futuros, sino que

⁹⁴ Linazasoro Espinoza, Izaskun (2020). [La buena administración como regla de adaptabilidad en un contexto de cambio climático](#). *Revista De Derecho Ambiental*, (13), pp. 145 – 162.

⁹⁵ Rojas Calderón Christian . Bases metodológicas para el análisis del derecho del medio ambiente en su faz activa o direccional. *Rev. Derecho Estado*, Bogotá , n. 45, p. 275-303, Apr. 2020, pp. 292-294.

⁹⁶ Durán Medina, Valentina y Nalegash Romero, Constance (2021): [Justicia climática, construcción de sociedades pacíficas y rendición de cuentas. En El Acuerdo de Escazú sobre democracia ambiental y su relación con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible](#). (CEPAL), pp. 78-79.

también debe hacerse cargo de las injusticias climáticas producidas y no evaluadas por la RCA.

Relacionado con lo recién mencionado, la LMCC también contempla el principio de urgencia climática, el cual es una expresión de la concreta realidad de crisis climática que vive el país y el mundo⁹⁷, de esta forma para abordar la crisis el Estado debe actuar de la forma más rápida y expedita posible en función de la acelerada degradación planetaria a consecuencia de la referida crisis.

Así, al momento de adoptar decisiones públicas en un procedimiento de revisión, la Administración debe optar por aquella que sea más eficaz para minimizar tanto los efectos como las causas de la crisis climática.

En el caso concreto, y siendo las centrales termoeléctricas generadoras de emisiones que son fuente de la crisis, resulta claro que debe considerarse su relación con el cambio climático para adoptar la decisión más eficaz de cara a la protección ambiental.

Por último, la LMCC contempla los principios de progresividad y no regresión, ambos se encuentran estrechamente vinculados, por un lado, el principio de progresividad implica que la protección ambiental debe ir en permanente aumento, mientras que el principio de no regresión implica que la protección ambiental no debe disminuir⁹⁸. Lo anterior porque el derecho ambiental al ser preventivo y proyectar su protección hacia el futuro debe resguardar que el medio ambiente sea disfrutable por las generaciones actuales y futuras⁹⁹.

De esta forma, la misma realización de un procedimiento de revisión es expresión de ambos principios, por lo que, debe integrar los nuevos estándares ambientales a la actividad a revisar. Y debe impedir que la operación del proyecto implique -al mantener operativas estándares pasados- signifique un retroceso en la protección ambiental.

Entonces, según lo desarrollado, es posible concluir que el procedimiento de revisión de la RCA, es una herramienta idónea para hacer frente a un cambio del escenario climático durante la ejecución de un proyecto, especialmente porque el procedimiento de evaluación es dinámico y se debe adecuar a las situaciones y eventos que no fueron previstos.

2.6.9. Transición Energética Justa

⁹⁷ Al respecto véase el último informe del IPCC disponible en: <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>

⁹⁸ Delgado Schneider, Verónica. 2021. «Versiones Y límites». *Revista De Derecho Ambiental* 2 (16):1-42. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.61826>. pp.12-13.

⁹⁹ Ídem pp. 11-12.

La profundización de los efectos del cambio climático a nivel nacional e internacional, ha dejado en evidencia la necesidad de que los Estados creen los instrumentos de gestión del cambio climático, además de adecuar sus actuales instrumentos de gestión ambiental, entre ellos las Resoluciones de Calificación Ambiental.

El Estado de Chile ha mostrado su preocupación de mantener la discusión de la ambición climática como un tema prioritario. No solo a nivel internacional, sino que también en la elaboración de las políticas nacionales. Muestra de ello es que en junio de 2022 se publicó la Ley Marco de Cambio Climático, cuyo objetivo es alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI junto con una mayor resiliencia a más tardar en 2050.

En el marco del cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Acuerdo de París, el Estado de Chile presentó su segunda NDC en 2020. En dicha ocasión incorporó un “Pilar Social”, que según el mensaje de la NDC se transformó en un eje de compromiso nacional¹⁰⁰. Así las cosas, la NDC presentada se refiere al concepto de transición justa de la OIT, la cual indica que la transición hacia una economía social y ambientalmente sostenible puede constituir un motor para la creación de empleo decente, justicia social y erradicación de la pobreza¹⁰¹.

En relación a la transición justa en materia energética, el Estado en octubre del año 2021 presentó su Estrategia de Transición Justa en materia energética de 2021¹⁰², esta se basa en cuatro pilares, ellos están enfocados en la incorporación de acciones participativas en el ámbito laboral, social, territorial y ambiental durante los procesos de cierre y/o nuevos usos de los espacios e infraestructura de las centrales a carbón. Así las cosas, nada dista que el Estado pueda exigir a las centrales termoeléctricas que aún se encuentran en funcionamiento, incluir la variable cambio climático, y por lo cual estándares de transición justa dentro de su evaluación. De no hacerlo, estaría actuando de forma contraria a los compromisos ambientales climáticos suscritos por Chile y su manifiesto compromiso climático.

Como hemos desarrollado, el cambio climático debe ser abordado como una variable a considerar para la predicción y evaluación de los impactos de determinado proyecto. Una de las razones por la cual la RCA debe ser revisada es el componente de transición justa. Más aún en una zona como Mejillones, comuna que no cuenta con ninguna medida de descontaminación y, de acuerdo con diversos estudios en moluscos y sedimentos marinos del sector industrial se registran altos niveles de metales pesados, como níquel, cobre, zinc y plomo, entre otros. La condición ambiental de la Bahía de Mejillones es deficiente, y ha sido históricamente un sector afectado por la industria extractiva, sin contar con medidas de reparación para la población del sector. Por lo cual, es esencial que

¹⁰⁰ Gobierno de Chile, Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile Actualización 2020, p.10.

¹⁰¹ Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, 2020.

¹⁰² Gobierno de Chile. Estrategia climática de largo plazo de Chile, camino a la carbono neutralidad y resiliencia a más tardar al 2050, octubre 2021, p.46.

la evaluación de nuevos proyectos en la zona incorpore criterios sociales, participativos y de equidad.

La transición energética justa debe contemplar criterios de equidad y justicia, procurar la justa asignación de cargas, costos y beneficios del proceso, y con especial énfasis en territorios, comunidades y ecosistemas vulnerables y ya afectados ambientalmente, para sí contribuir de manera óptima al desarrollo inclusivo.

La transición justa también requiere responder a los desafíos de reparación de los daños a la salud, la remediación ambiental y la restauración de pasivos ambientales de la generación energética en base a carbón, ninguna de las cuales se evidencia en la RCA del proyecto “Central Térmica Andino”. Según el contenido de la RCA 0145/2007 no es posible identificar medidas acordes a desafíos ambientales, sociales, económicos y laborales, en particular aquellas medidas necesarias para la reparación a la población y los ecosistemas de la bahía de Mejillones.

III. APLICACIÓN DEL ARTÍCULO 25 QUINQUIES

De acuerdo a los antecedentes expuestos, mientras se ha ejecutado el proyecto Central Térmica Andino, las variables evaluadas y contempladas en el Plan de Seguimiento, como son el monitoreo de distintos parámetros respecto a los componentes calidad del aire, calidad del agua, comunidades submareales e intermareales y sedimentos marinos, sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, han variado sustantivamente en relación a lo proyectado. Por lo tanto, se debe revisar la Resolución de Calificación Ambiental, con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones.

En atención a todo lo expresado anteriormente, se concluye que las variables ambientales evaluadas y contempladas en la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto en cuestión y revisadas en esta presentación, han variado sustantivamente en relación a las circunstancias tenidas a la vista al momento de culminar el procedimiento de evaluación ambiental y producto de la misma ejecución del proyecto. En particular, en los componentes calidad del aire, calidad de agua de mar, comunidades submareales e intermareales y de sedimentos marinos.

A este respecto, el artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, incorporado por la Ley N° 20.417 señala que:

Artículo 25 quinquies.- La Resolución de Calificación Ambiental podrá ser revisada, excepcionalmente, de oficio o a petición del titular o del directamente afectado, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado o no se hayan verificado, todo ello con el objeto de adoptar las medidas

necesarias para corregir dichas situaciones Con tal finalidad se deberá instruir un procedimiento administrativo, que se inicie con la notificación al titular de la concurrencia de los requisitos y considere la audiencia del interesado, la solicitud de informe a los organismos sectoriales que participaron de la evaluación y la información pública del proceso, de conformidad a lo señalado en la ley N° 19.880.

El acto administrativo que realice la revisión podrá ser reclamado de conformidad a lo señalado en el artículo 20.

Así, según se ha señalado precedentemente, se configura el supuesto de hecho y los requisitos exigidos para dar aplicación al artículo 25 quinquies de la Ley N.º 19.300, a fin de revisar de manera excepcional la referida Resolución Exenta N.º 0145/2007, en orden a actualizar las medidas de mitigación, reparación y compensación necesarias para hacerse cargo de los nuevos efectos del proyecto y del aumento de aquellos que fueron evaluados.

POR TANTO, en virtud de las consideraciones de hecho y de derecho que se han expuesto, solicitamos tener por presentada esta petición de revisión de la Resolución de Calificación Ambiental N°0145/2007, de la Comisión Regional del Medio Ambiente, COREMA II Región, que califica favorablemente el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Central Térmica Andino”, en virtud del artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300 y acogerlo a tramitación según las reglas procedimentales establecidas en la misma disposición.

PRIMER OTROSÍ: Que venimos a acompañar mandato judicial y administrativo suscrito por Saba Ester Galindo Gacitúa y otras con Diego Lillo Goffreri y otros, Repertorio N°660-2020.

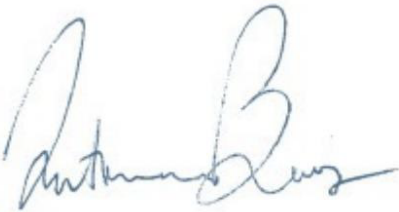
POR TANTO, solicitamos a Ud. tener por acompañado el documento indicado.

SEGUNDO OTROSÍ: Que en virtud del artículo 22 de la Ley 19.880 sobre Bases de los Procedimientos Administrativos y de acuerdo al poder notarial acompañado en el primer otrosí de esta presentación, designamos como apoderados para actuar en nuestra representación en la tramitación de esta solicitud a los abogados habilitados para el ejercicio de la profesión Marcos Nicolás Emilfork Orthusteguy y Antonia Berríos Bloomfield.

POR TANTO, solicitamos Ud. tenerlo presente, para todos los efectos legales de este procedimiento.

TERCER OTROSÍ: Que en virtud del artículo 162 del DS 40/2012 Reglamento del SEIA, venimos a indicar las siguientes casillas electrónicas, para que se nos notifique de las resoluciones que se realicen en este procedimiento: emilfork@fima.cl, berrios@fima.cl y r.nunez@fima.cl.

POR TANTO, solicitamos a Ud. tener presente las casillas electrónicas indicadas para efectos de las notificaciones que recaigan en el presente procedimiento.

Handwritten signature in blue ink, appearing to read "Antonio B. Cruz".Handwritten signature in blue ink, appearing to read "Cruz".