



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de medidas de gestión ambiental para la salud de la población y el medio ambiente  
en la zona de sacrificio bahía Quintero-Puchuncaví.**

POR

**Sofía Andrea Marín Vergara**

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción  
para optar al título profesional de Ingeniera Civil Industrial

Profesora Guía

María Magdalena Jensen Castillo

Marzo 2023

Concepción (Chile)

© 2023 Sofía Andrea Marín Vergara

© 2023 Sofía Andrea Marín Vergara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres, por darme la oportunidad de estudiar en otra ciudad y poder sacar un título universitario. A mis abuelos, por inculcarme desde siempre el valor del conocimiento y apoyarme en cada pequeño paso estudiantil desde que recuerdo. A mis amigas, por acompañarme durante mi etapa universitaria, por aquellas noches de estudio y otras de celebración. A mi profesora, por guiarme, enseñarme y apoyarme durante este proceso. Y a mí misma, por poder demostrar que soy capaz y suficiente.

## Sumario

La zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví es una comunidad altamente afectada durante los últimos años dada la contaminación provocada por las grandes industrias que se encuentran en el Complejo Industrial Ventanas y sus respectivas emisiones, causando grandes impactos ambientales y sociales en los habitantes aledaños a estas empresas. Esta investigación busca proponer medidas de gestión ambiental que puedan disminuir la contaminación emitida y los efectos que estas producen en la salud de la población, evitando la propagación de nuevas denominadas zonas de sacrificio.

Con este propósito, se estudió en profundidad los antecedentes de la zona de sacrificio, pasando por la historia medioambiental de la zona desde que las primeras industrias llegaron a la zona hasta los últimos años, donde se documentan diferentes impactos ambientales que dejan una huella significativa en la salud de la población local, desde embarazos riesgosos que desenvuelven en niños con discapacidades provocadas por la exposición a contaminantes, como también la evidencia de elementos tóxicos en la sangre de la comunidad. Los efectos de las industrias en la zona también se desencadenan en la economía y desarrollo comunal, donde el porcentaje de población dedicada a la industria manufacturera ha disminuido significativamente en los últimos años, como también ha afectado la actividad agrícola local.

Debido al efecto contaminante que desencadenan estas empresas, existen siete redes de monitoreo que controlan la calidad del aire y se encuentran ubicadas alrededor de la zona de sacrificio, tomando especial precaución en contaminantes tales como el  $MP_{10}$ ,  $MP_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$  y  $NO_2$ . Los límites han cambiado a lo largo de los años, como también los planes regulatorios que han visto cambios en la emisión de estos contaminantes, sin embargo, estos no han sido suficientes para mantener a las concentraciones en niveles recomendados para evitar afectar la salud de la población.

Es por eso que algunas de las medidas propuestas para mejorar la calidad de vida de la población y la gestión ambiental de zonas de sacrificio convergen en la creación de nuevas normas de calidad para suelos, aguas y contaminantes importantes como el arsénico, algo que se ve mucho en la zona. Así mismo se recomienda seguir el camino de la recuperación social y ambiental de la zona, con la participación de la comunidad y empresas, quienes deberán hacerse cargo de sus acciones mediante nuevas políticas reguladoras que contribuyan socialmente con la comunidad afectada, y permitan cambiar la gestión de zonas de sacrificio en el país en un futuro.

## **Abstract**

The Quintero-Puchuncaví sacrifice zone is a community that has been highly affected in recent years by the pollution caused by the large industries located in the Ventanas Industrial Complex and their respective emissions, causing great environmental and social impacts on the inhabitants living in the vicinity of these companies. This research seeks to propose environmental management measures that can reduce the pollution emitted and the effects they produce on the health of the population, avoiding the spread of new so-called sacrifice zones.

For this purpose, the background of the sacrifice zone was studied in depth, going through the environmental history of the area since the first industries arrived in the area until recent years, where different environmental impacts are documented that leave a significant mark on the health of the local population, from risky pregnancies that develop in children with disabilities caused by exposure to pollutants, as well as evidence of toxic elements in the blood of the community. The effects of the industries in the area are also triggered in the economy and community development, where the percentage of the population dedicated to the manufacturing industry has decreased significantly in recent years, as well as affecting local agricultural activity.

Due to the polluting effect caused by these companies, there are seven monitoring networks that control the air quality and are located around the slaughter area, taking special care in pollutants such as  $MP_{10}$ ,  $MP_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$  y  $NO_2$ . The limits have changed over the years, as have the regulatory plans that have seen changes in the emission of these pollutants, however, these have not been sufficient to maintain concentrations at recommended levels to avoid affecting the health of the population.

For this reason, some of the measures proposed to improve the life quality of the population and the environmental management of sacrifice zones, converge in the creation of new quality standards for soil, water and important contaminants such as arsenic, something that is very common in the area. It is also recommended to follow the path of social and environmental recovery, with the participation of the community and industrial companies, who should take charge of their actions through new regulatory policies that can socially contribute with the affected communities, and allow the environmental management to change its own actions for future sacrifice zones in the country.

## Tabla de Contenido

|       |                                                                           |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Introducción .....                                                        | 1  |
| 1.1   | Antecedentes generales .....                                              | 1  |
| 1.2   | Objetivos.....                                                            | 3  |
| 1.2.1 | Objetivo General .....                                                    | 3  |
| 1.3   | Metodología.....                                                          | 3  |
| 2     | Historia Medioambiental.....                                              | 4  |
| 2.1   | Zonas de sacrificio.....                                                  | 4  |
| 2.2   | Parque Industrial Ventanas.....                                           | 5  |
| 2.3   | Crisis y episodios de contaminación medioambiental.....                   | 10 |
| 2.4   | Impactos Ambientales y de Salud en la población .....                     | 12 |
| 3     | Análisis de actividades productivas en la zona .....                      | 17 |
| 3.1   | Desarrollo comunal de actividades productivas.....                        | 17 |
| 3.2   | Impactos económicos del Complejo Ventanas.....                            | 19 |
| 4     | Gestión Ambiental.....                                                    | 23 |
| 4.1   | Normas de gestión ambiental en Chile .....                                | 23 |
| 4.2   | Evolución de medidas de gestión ambiental para el complejo Ventanas ..... | 24 |
| 4.3   | Situación actual en Quintero-Puchuncaví .....                             | 27 |
| 4.3.1 | Estación Quinteros .....                                                  | 32 |
| 4.3.2 | Estación La Greda.....                                                    | 36 |
| 4.3.3 | Estación Ventanas .....                                                   | 38 |
| 4.3.4 | Estación Los Maitenes .....                                               | 39 |
| 4.4   | Gestión ambiental internacional .....                                     | 41 |
| 4.4.1 | Europa .....                                                              | 41 |
| 4.4.2 | Norteamérica .....                                                        | 42 |

|       |                                                                                                                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.3 | Sudamérica .....                                                                                                                                      | 44 |
| 5     | Propuesta .....                                                                                                                                       | 46 |
| 5.1   | Nuevas medidas de gestión ambiental para la zona .....                                                                                                | 46 |
| 5.1.1 | Actualización de normas primarias de calidad del aire .....                                                                                           | 46 |
| 5.1.2 | Norma primaria de calidad ambiental de arsénico. ....                                                                                                 | 48 |
| 5.1.3 | Normas primarias y secundarias sobre la calidad de los suelos y de aguas. ....                                                                        | 50 |
| 5.1.4 | Participación de la comunidad, en torno a su recuperación social. ....                                                                                | 53 |
| 5.1.5 | Políticas reguladoras a las industrias. ....                                                                                                          | 54 |
| 6     | Conclusiones .....                                                                                                                                    | 57 |
| 7     | Referencias .....                                                                                                                                     | 61 |
| 8     | Anexos.....                                                                                                                                           | 68 |
|       | Anexo A. Relación entre los niveles históricos de contaminación, la normativa medioambiental y las tendencias socioeconómicas entre 1960 y 2008. .... | 68 |
|       | Anexo B. Número de empresas según rubro económico en las comunas. ....                                                                                | 69 |
|       | Anexo C. Línea de tiempo de las medidas de gestión ambiental para la zona .....                                                                       | 70 |
|       | Anexo D. Total de Emisiones en Codelco, Aes Gener y ENAP para la zona de sacrificio en los últimos años. ....                                         | 71 |
|       | Anexo E. Gráficos para contaminantes en la estación La Greda .....                                                                                    | 72 |
|       | Anexo F. Gráficos para contaminantes en estación Ventanas. ....                                                                                       | 73 |
|       | Anexo G. Gráficos para contaminantes en estación Puchuncaví. ....                                                                                     | 74 |
|       | Anexo H. Gráficos de contaminantes en estación Los Maitenes. ....                                                                                     | 76 |
|       | Anexo I. Parámetros para la calidad del aire en Estados Unidos y Canadá.....                                                                          | 76 |
|       | Anexo J. Efectos tóxicos en trabajadores después de la exposición ocupacional a arsénico. ....                                                        | 77 |

## Lista de Tablas

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2-1. Concentraciones de fondo de As, Cu, Pb y Zn en los municipios de Puchuncaví- Quintero. .... | 14 |
| Tabla 2-2. Porcentaje de áreas afectadas por elementos en la zona de sacrificio .....                  | 15 |
| Tabla 3-1. Número de trabajadores según rubro económico durante el periodo 2017-2021. ....             | 22 |
| Tabla 4-1. Evolución emisiones máximas permitidas según el PPDA. ....                                  | 26 |
| Tabla 4-2. Contaminantes monitoreados en estaciones del Complejo Industrial Ventanas.....              | 28 |
| Tabla 4-3. Límites de las normas de calidad primarias para el aire. ....                               | 29 |
| Tabla 4-4. Niveles de emergencia ambiental .....                                                       | 30 |
| Tabla 5-1. Normas y regulaciones para el arsénico inorgánico. ....                                     | 49 |

## Lista de Figuras

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1. Delimitación geográfica zona de sacrificio Quintero - Puchuncaví.....                            | 1  |
| Figura 2-1. Evolución de EPTs para la zona entre 1880 y 2008 .....                                           | 8  |
| Figura 2-2. Ubicación del cordón industrial entre las comunas de Quintero y Puchuncaví. ....                 | 9  |
| Figura 2-3. Distribución del As total en los suelos de la zona. ....                                         | 16 |
| Figura 3-1. Actividades productivas del pasado y del presente en la comuna. ....                             | 18 |
| Figura 4-1. Ubicación estaciones de monitoreo para la red CIV. ....                                          | 27 |
| Figura 4-2. Episodios horarios de SO <sub>2</sub> para la zona. ....                                         | 31 |
| Figura 4-3. Evolución de contaminantes monitoreados en la estación Quintero, entre los años 2015 y 2018..... | 33 |
| Figura 4-4. Evolución de contaminantes monitoreados en la estación Quintero, entre los años 2019 y 2022..... | 34 |
| Figura 4-5. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Quintero, entre 2015 y 2016. ....   | 35 |
| Figura 4-6. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Quintero, entre 2019 y 2022. ....   | 35 |
| Figura 4-7. Evolución de material particulado monitoreado en la estación La Greda, entre 2015 y 2018.....    | 36 |
| Figura 4-8. Evolución de material particulado monitoreado en la estación La Greda, entre 2019 y 2022.....    | 37 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4-9. Evolución de contaminantes monitoreado en la estación Ventanas, entre 2019 y 2022..                | 38 |
| Figura 4-10. Evolución de contaminantes monitoreado en la estación Los Maitenes, entre 2015 y 2018.<br>.....   | 39 |
| Figura 4-11. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Los Maitenes, entre 2019 y 2022..... | 40 |

## Abreviatura

- **As:** Arsénico.
- **CODELCO:** Corporación Nacional del Cobre.
- **Cu:** Cobre.
- **CIV:** Complejo Industrial Ventanas.
- **CRAS:** Consejo para la Recuperación Ambiental y Social de Quintero y Puchuncaví.
- **CTE:** Centrales Termoeléctricas.
- **ENAMI:** Empresa Nacional de Minería.
- **ENAP:** Empresa Nacional del Petróleo.
- **EPA:** Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
- **MP:** Material Particulado.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **Pb:** Plomo.
- **PPBV:** Partes por billón en volumen.
- **PRAS:** Plan de Recuperación Ambiental y Social.
- **PPDA:** Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental.
- **SINCA:** Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire.
- **UE:** Unión Europea.
- **Zn:** Zinc.



Estos conflictos tienen una historial de más de 50 años desde que se ubicó la primera termoeléctrica en la zona, episodios que han provocado daños ambientales irreparables y masivas intoxicaciones a la población aledaña (El Mostrador, 2022), donde adultos y niños han visto afectada directamente su salud a niveles cardiovasculares y respiratorios a largo plazo (Veas & Fuentes, 2020).

Estas industrias han generado una degradación ambiental significativa, donde a pesar de las diversas investigaciones realizadas, no ha sido posible concretar regulaciones eficaces que logren una disminución de los riesgos que las industrias generan en los suelos, las aguas y el aire de las comunas de Puchuncaví y Quinteros. Las normativas vigentes no son lo suficientemente exigentes, como tampoco lo son los planes de descontaminación propuestos que muchas veces no tienen en cuenta otros contaminantes como el arsénico (As) o los compuestos orgánicos volátiles (COV).

A partir de esto, siguen las intoxicaciones y la contaminación del aire en la zona continúa provocando enfermedades respiratorias, dermatológicas e incluso cáncer en la población, información que se ve reflejada en las tasas de hospitalización y mortalidad en la zona (Varela Pereira et al., 2020). El último incidente se produjo en junio de este año; una intoxicación de más de 100 habitantes, entre varios, menores de edad (Laborde, 2022). La situación generó un punto de inflexión a las autoridades, quienes decidieron que el cierre gradual de la Fundación Ventanas se hiciera definitivo.

Esta decisión deja al descubierto que la gestión ambiental del Ministerio del Medio Ambiente ha sido deficiente para estas comunas, donde las acciones realizadas por diversas entidades gubernamentales no han estado a la altura de la zona de sacrificio. Así mismo, el último informe de Auditoría realizado por Contraloría para la región de Valparaíso identificó que: “No se cuenta con un estándar normativo que permita calificar a un terreno contaminado de conformidad con los parámetros y elementos evaluados que considere los potenciales riesgos para la vida y salud de las personas y el medio ambiente, así como la protección de las propiedades y funciones del recurso natural suelo, y de los usos que para este se definen.” (Contraloría General de la República, 2022)

Tomando en cuenta esta declaración, y la historia de esta zona de sacrificio es relevante recalcar la importancia que tienen las normativas, regulaciones y sobre todo fiscalizaciones de estas en zonas de contaminación, así mismo que estas sean eficientes y eficaces en disminuir los agentes tóxicos que pueden generar las industrias termoeléctricas o sus derivados. Es por esto, que es fundamental

proponer nuevas medidas de gestión ambiental que sean capaces de estar a la altura de estas características, evaluando correctamente el impacto ambiental y los riesgos en la población que se puedan generar según los criterios ambientales vigentes.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Elaborar medidas de mitigación y/o medidas de manejo ambiental que logren ser eficaces con respecto a los niveles actuales de contaminación de la zona, analizando y evaluando la situación ambiental, social y salubre de la zona de sacrificio.

#### **1.2.1.1 Objetivos específicos**

- a) Estudiar la historia ambiental de la zona de sacrificio, desde los inicios de la instalación del complejo industrial.
- b) Identificar los principales impactos ambientales y su efecto en el riesgo para la salud de la población, analizando los conflictos y catástrofes medioambientales en la zona.
- c) Analizar los parámetros utilizados para medir los niveles contaminantes en el complejo según las normas de emisión para el área y planes de descontaminación actuales.
- d) Estudiar la evolución de concentraciones de contaminantes en las distintas estaciones de monitoreo de la zona con respecto a los límites establecidos por las normas de calidad del aire.
- e) Proponer nuevas medidas de manejo ambiental que logren controlar y mejorar el estado medioambiental del sector.

## **1.3 Metodología**

Con respecto a la metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación, esta se basó en una revisión de información y evidencia nacional sobre los impactos que ha tenido el complejo Industrial Ventanas para la zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví, contemplando las siguientes actividades:

- a) Una descripción del contexto actual del problema ambiental de la zona de estudio, contextualizando el concepto de zona de sacrificio y su historia a nivel nacional. En conjunto a esto, una revisión de los principales conflictos que ha generado la zona a nivel ambiental y de salud en la población, analizando diversos archivos históricos que pudieran entregar la mayor cantidad de información relevante al respecto.

- b) Análisis de los impactos a nivel social, ambiental y económico que ha producido la instalación del complejo Industrial Ventanas en la región, recolectando información de distintos estudios recientes, comentando sobre el efecto de las centrales termoeléctricas sobre la salud de la población, el suelo de la zona y la calidad de vida y trabajo en la comuna.
- c) Un análisis de la evolución de concentraciones de contaminantes en la zona, en conjunto a una revisión de las principales directrices, lineamientos y normas que rigen en Chile y en el mundo con respecto a la calidad del aire.
- d) Una conclusión de los diversos impactos estudiados, culminando en una serie de propuestas de medidas de gestión ambiental para la zona, que puedan ser beneficiosas tanto para la comunidad como para el Estado.

## **2 Historia Medioambiental**

### **2.1 Zonas de sacrificio**

La expresión “zona de sacrificio” nace en la década de 1980 en Estados Unidos, para denominar así a zonas contaminadas con desechos radioactivos producidos por la industria de armamento nuclear durante la Segunda Guerra Mundial (Folchi, 2020). Estos territorios fueron sacrificados como parte de una decisión “estratégica” que buscaba un fin económico independiente del impacto social o ambiental que este genere por sobre la población aledaña. Las zonas de sacrificio suelen ser comúnmente lugares de bajos ingresos, que buscan mejoras en su calidad de vida. De esta forma, las grandes industrias se aprovechan de una comunidad pobre que acepta la instalación de nuevas empresas con la promesa de intenciones de desarrollo y buena calidad laboral a sus habitantes, quienes no esperan convertirse en una zona de sacrificio en el país.

Las principales comunas en Chile que viven como zonas de sacrificio son Quintero-Puchuncaví, Coronel, Mejillones, Tocopilla y Huasco (Vivanco Font, 2020). Según el primer Cónclave sobre Impacto Ambiental y Desarrollo Comunal, desarrollado el año 2014, estas ciudades portuarias tienen en común el emplazamiento –dentro de la zona de influencia de la comuna- de actividades económicas tal como minería, generación eléctrica con carbón, industrias pesadas, entre otras, que producen externalidades medioambientales negativas que afectan la calidad de vida de la población (Vivanco Font, 2014).

En su mayoría estas zonas son afectadas por la operación de termoeléctricas a carbón, que actualmente emiten en nuestro país un 97% del dióxido de azufre, un 91% del dióxido de carbono y un 88% del

material particulado del parque eléctrico nacional (Fundación Terram, 2019), donde existen en Quintero, junto a Ventanas, cuatro centrales termoeléctricas de carbón; Tocopilla, con seis; Huasco, al norte, con cinco; Mejillones, con nueve; y Coronel, con tres. De las 26 centrales de carbón que operan en el país, 15 son propiedad de AES Gener (EEUU), siete de la francesa Engie (Suez), tres de Enel (propietaria de Endesa) y una de la chilena Colbún (Acosta, 2019).

Esta cantidad alarmante de empresas en las costas del país generan diversos efectos sobre el nivel social, económico y natural de la zona. Por un lado, los habitantes ven alteradas sus actividades laborales con la imposibilidad de continuar con la pesca o agricultura que caracteriza al desarrollo de la comuna, debido a la alta contaminación que queda retenida en el entorno natural del territorio. Los efectos sobre la vegetación se dan debido a la libración de compuestos químicos de metales como el cobre, petróleo y plomo, se concentran en los tejidos de plantas y animales, afectan el sistema respiratorio de las personas e incluso producen la muerte de animales y peces, generando lo que denomina como biomagnificación; una tendencia perteneciente a los contaminantes a concentrarse en niveles tróficos sucesivos (Glosario, 2015), es decir, que un compuesto tóxico que pueda ser ingerido por un organismo se transmite a otros consumidores, de tal manera que cuanto mayor avance exista en la cadena trófica, más acumulación de ese compuesto es posible encontrar.

Es este concepto el que impacta la gran mayoría de zonas de sacrificio alrededor del mundo y del país, generando diversos efectos medioambientales y salubres en la población. El hecho de que existan zonas de sacrificio en el país es poco ético y cruel con aquellos habitantes que sufren con un intento de maximizar beneficios mediante mayor actividad productiva, donde la población debe convivir con constantes problemas de salud tales como intoxicaciones o falta de aire limpio y puro. Una de las zonas más afectadas y mencionadas durante los últimos años es Quintero-Puchuncaví, una zona símbolo de contaminación debido a los diversos casos de intoxicación que han afectado a escuelas, hospitales y gente trabajadora del territorio.

## **2.2 Parque Industrial Ventanas**

### **▪ Durante la década de 1950.**

A partir de la segunda mitad del siglo XX se inicia en Chile un proceso de desarrollo, basado en el modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones (en adelante ISI), que pretende cambiar la imagen del país al desarrollar una industria nacional capaz de abastecer al territorio chileno de forma independiente y autónoma del resto del mundo, combinando el proteccionismo comercial de

las manufacturas frente al exterior de la región con la integración comercial de los países de América Latina (Turmo Garuz & Moslares García, 2007).

- **Durante la década de 1960.**

Fue así como a principios de la década de 1960 llegaron los primeros inversionistas a la comuna de Quintero, con diversos proyectos que buscaban la oportunidad de progreso de la zona y se discutió el proceso de instalación para luego dar paso a la inauguración de la Fundación ENAMI Ventanas (actual CODELCO) como la primera fundición de cobre nacional y de la Termoeléctrica a Carbón Ventanas I, propiedad de Chilgener (actual AES GENER) (Fundación Terram, 2018). De esta forma, en el límite comunal Quintero-Puchuncaví se crea el Complejo Industrial Ventanas siendo operativo en el año 1964 en conjunto a la inauguración de la refinería de cobre.

Inicialmente, la llegada de estas nuevas empresas causó entusiasmo en la población, quienes creían que se venía una mejora económica para la zona y esperaban el progreso que significaba para ellos la construcción de un núcleo de desarrollo nacional en su comuna (Espinoza Almonacid, 2015).

- **Durante la década de 1970.**

Sin embargo, con la llegada del golpe militar en 1973 el modelo ISI se detiene y es reemplazado por la instalación de un modelo económico de libre mercado (Chahúan Pérez, 2019). Bajo este modelo el complejo continuó con su proceso de desarrollo y crecimiento y en 1977 se puso en marcha la termoeléctrica Ventanas II con una potencia de 220 MW.

- **Durante la década de 1980.**

Fue en 1981 que comenzó a funcionar el terminal marítimo de la empresa de productos químicos Oxiquim. En 1987 se modificó el plan regulador intercomunal, llegando y ampliándose más industrias como: Oxiquim, Gasmar, ENAP, Moliendas de Cementos, entre otras (Resumen, 2018). Para estos años, ya se empezaba a ver los impactos medioambientales y la poca regulación que había en la zona, siendo visible la contaminación del aire, mar y tierra, por lo que en 1990 se conforma el comité de Defensa del Medio Ambiente Puchuncaví, donde participan empresas, ambientalistas y parte del municipio (Fundación Terram, 2018).

- **Durante la década de 1990.**

Finalmente, en 1991 se instaló la planta de recuperación de ácido sulfúrico de la División Codelco Ventanas, quienes pasarían a ser propietarios de una gran cantidad de empresas pertenecientes al complejo años más tarde.

En el año 1992 se puso en marcha el Plan de Descontaminación del Complejo Industrial Las Ventanas (PAV), que buscaba disminuir la concentración de contaminantes en la zona. En la misma línea, en 1993, el Ministerio de Agricultura, declara la zona de la Bahía como zona saturada de contaminación por encontrarse contaminada con  $MP_{10}$  y  $SO_2$  (Chahúan Pérez, 2019).

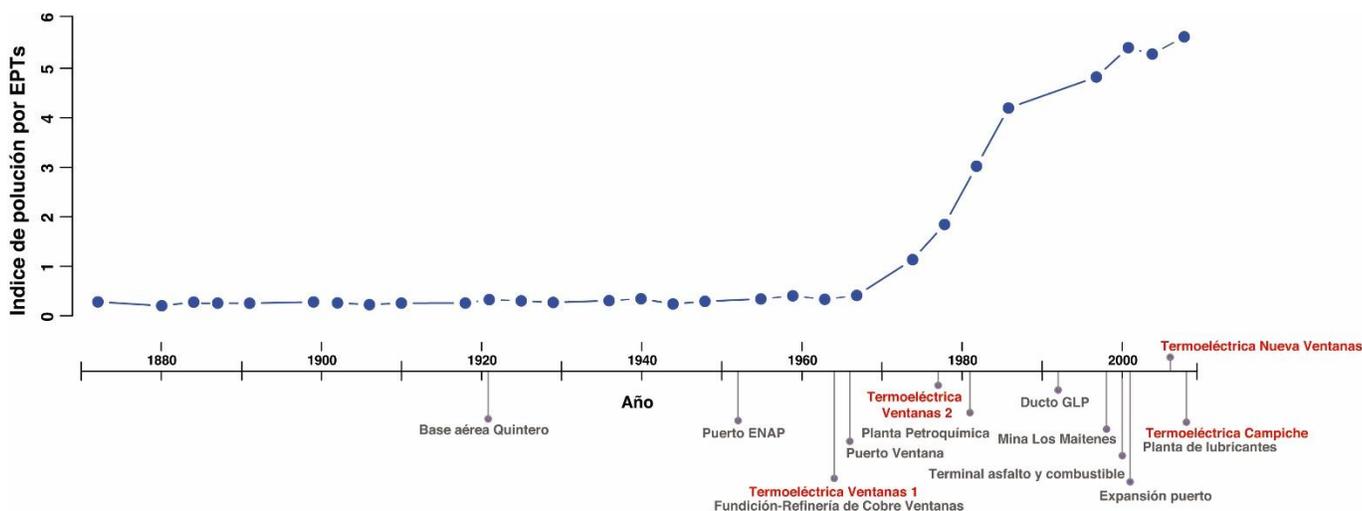
Con la puesta en marcha del PAV se deja fuera a las agrupaciones locales de la toma de decisiones, lo que lleva a la comunidad a "... formular a las empresas peticiones de colaboraciones que, sin embargo, debían estar lo más alejadas posible del tema de fondo, la contaminación, y definitivamente excluyendo el tema de las compensaciones (Sabatini, 1996)".

A partir de este entonces, el Comité de Defensa del Medio Ambiente se reúne constantemente para tomar planes y acciones, sin embargo, no se controla ni evalúa el avance del plan de descontaminación. El alcalde ejerce un rol mediador, donde las partes "no parecían estar negociando el aspecto ecológico, pero sus relaciones sí estaban condicionadas por él" (Sabatini, 1996). De esta forma no se hacen los esfuerzos necesarios para regular el avance de las industrias de la zona, y la biomagnificación continúa extendiéndose a lo largo de la bahía, e incluso dentro de la misma empresa, donde en 1989 se debió otorgar un seguro oncológico a los empleados dado que la principal causa de defunción de los trabajadores era el cáncer, y estaba completamente ligado a la exposición a la contaminación en sus trabajos (Buschmann & Jacob, 2012).

- **Durante la primera década de los 2000.**

Para este tiempo, las contaminaciones no cesan, e incluso se empiezan a crear una serie de proyectos portuarios (9 aprobados), o modificaciones de terminales existentes en la bahía de Quintero, los cuales en su mayor parte, corresponden a terminales destinados a la descarga de combustibles (Rojas Barrera, 2015). Junto a esto, las nuevas redes sociales y la masificación de los medios de comunicación dan a conocer al país varios episodios de contaminación e intoxicación que conmueven a la población y llevan a la creación de nuevos movimientos sociales y ecológicos que luchan por el bienestar de la zona de sacrificio. Por otro lado, las pérdidas que estaba generando el complejo permitió que en 2005 CODELCO fuese obligado a comprar la fundición. Luego, de diversos episodios de contaminación,

entre ellos la escuela Greda en 2011 (que se comentará más adelante), empezaron las primeras conversaciones sobre cerrar las operaciones del Complejo Industrial. En ese instante el ministro de Minería, Laurence Golborne comentó que era una decisión de la administración de CODELCO, y así el gobierno se desentendió del tema (Tapia & Cofre, 2022).



*Figura 2-1. Evolución de EPTs para la zona entre 1880 y 2008*

Fuente: Gayo et al., 2022.

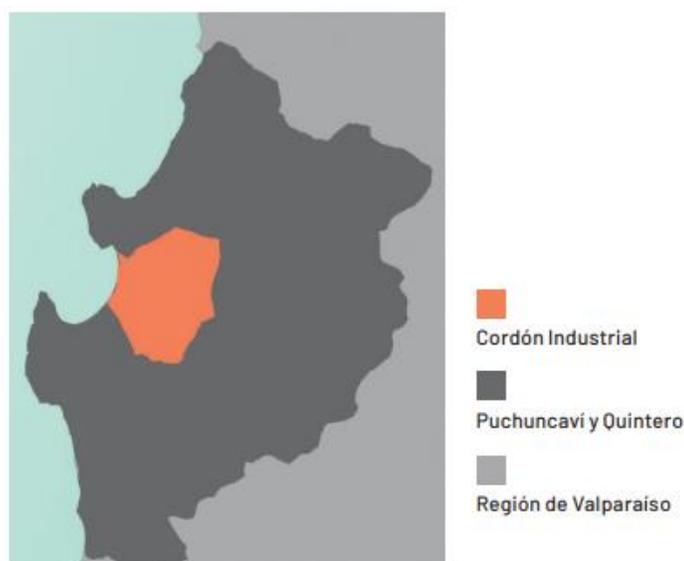
Para finales de esta década ya era posible medir los claros efectos de los contaminantes en el aire de la zona. Es así como en se puede observar en la figura anterior la evolución de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) en la zona. Los EPTs corresponden a elementos que se encuentran de forma natural en el ambiente a muy bajas concentraciones, pero estas pueden aumentar dadas ciertas actividades humanas. Los EPTs incluyen elementos como el cobre, mercurio, plata, cromo, plomo, molibdeno, entre otros (Gayo et al., 2022).

A nivel histórico el gráfico muestra como la carga de polución por EPTs en la comuna de Quintero-Puchuncaví aumenta considerablemente desde el año 1960, cuando se hace operativa la Termoelectricidad Ventanas 1. Se evidencia así, como las industrias en la zona, aumentaron los índices de polución en la zona y se creó una contaminación sostenida desde ese entonces a la fecha.

- **Durante la segunda década de los 2000.**

El 2015 se declaró la zona de sacrificio como Saturada por  $MP_{2,5}$  como concentración anual, y latente como concentración diaria, al igual por  $MP_{10}$ , como concentración anual (D.S. 10/2015, Ministerio de Medio Ambiente, MMA). Sin embargo, estos factores no parecían ser suficientes para el cierre de Ventanas, si no que se apostaba por una disminución de emisiones, con el fin de que Chile no redujera

su capacidad de fundición para evitar dañar su capacidad futura de negociar sus tarifas en el extranjero (Tapia & Cofré, 2022). La zona de sacrificio correspondería entonces toda la comuna de Quintero-Puchuncaví, considerando que la zona de saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable la zona circundante al Complejo Industrial Ventanas, en las áreas jurisdiccionales de las comunas de Puchuncaví y Quintero, tal como se muestra en la Figura 2.2



*Figura 2-2. Ubicación del cordón industrial entre las comunas de Quintero y Puchuncaví.*

Fuente: IMFD, 2022.

El 2019, durante el gobierno del expresidente Sebastián Piñera, empezaron las primeras intenciones del mandatario para cerrar la fundición, de hecho, el 14 de octubre CODELCO anunciaba el posible cierre dado las pérdidas de los últimos años, las instalaciones antiguas, la poca competitividad y modernidad de las empresas significaban pérdidas en torno a US\$50 millones anuales. En la última década, la división arrastra mermas por casi US\$500 millones (Tapia & Cofré, 2022). Sin embargo, el estallido social durante finales de octubre de ese año llegó, y el país se paralizó.

- **Durante los últimos años.**

Finalmente, en junio de 2022 se registró un nuevo peak de contaminación provocada por emisiones de dióxido de azufre ( $SO_2$ ) en la zona de Quintero, Concón y Puchuncaví lo que una vez más prendió las alarmas con respecto a los riesgos para la salud de las personas y las vías de solución (Diario UChile, 2022). En consecuencia de este peak, una docena de escolares se intoxicaron y este fue el punto límite para el gobierno actual, quienes unos días después anunciaron el cierre total de la

fundición, aprobado previamente por el directorio de la empresa. “Cada una de las acciones que estamos llevando a cabo las realizamos mirando el bienestar de toda la ciudadanía, y especialmente de las mujeres, hombres, e infantes que viven de modo más directo las consecuencias de un modelo económico y social que ha sido excluyente, que ha sido desigual, y que se expresa de diversas formas, una de las cuales es la persistencia de las zonas de sacrificio. Y lo hemos dicho muy claro: no queremos más zonas de sacrificio” anunció el Presidente Gabriel Boric (Montes, 2022).

La medida requiere modificar la Ley N° 19.993, que obliga a la Corporación a fundir los minerales de ENAMI exclusivamente en la planta de Ventanas. El acuerdo sólo involucra al proceso de fundición, ya que la refinería no está en cuestión. El plazo de cierre se proyecta entre 4 y 6 años (el Mostrador, 2022).

Si bien este es un gran paso para la comunidad de la zona de sacrificio, es sólo el comienzo para poder reducir los impactos contaminantes que han generado estas industrias por más de cinco décadas. El cierre de la fundición es sólo una pequeña parte de lo que es el gran complejo industrial que existe en la zona, y aún se debe evaluar cuánto más tardará poder eliminar los desechos y contaminación dejada por la refinería a lo largo de los años.

### **2.3 Crisis y episodios de contaminación medioambiental**

Uno de los aspectos que hace la zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví tan comentada, son la cantidad de casos de intoxicaciones que han sucedido a lo largo de los años desde que se instalaron las primeras empresas en el complejo. Los medios de comunicación han logrado mantener a la zona como destacada y a la mira del ojo público durante las intoxicaciones y accidentes medioambientales causados estas industrias, por lo que es fácil para la población estar del lado de los habitantes de la zona de sacrificio y conocer los esfuerzos que hacen estos por conllevar una calidad de vida aceptable, aun siendo aledaños a grandes emisiones de gases contaminantes.

Si bien estos episodios empezaron el año 1968, cuando el SAG reportó diversos daños en los cultivos agrícolas en la comuna de Puchuncaví producidos por gases tóxicos que terminaron en condiciones nutritivas alteradas en los cultivos y la muerte de varios bovinos (Paredes, 2019), la masificación de los medios de comunicación empezaron a comunicar estos episodios a la población desde los años 2000 en adelante, siendo uno de los más recordados lo ocurrido el año 2011 en la escuela La Greda, ubicada a 500 metros aproximadamente de la fundición Ventanas.

Fue en marzo del 2011 que más de treinta personas, entre ellos niños y profesores, se desmayaron por intoxicación, con síntomas de picazón en los ojos, vómitos y desorientación. Esto alertó al gobierno y al país, generando una conmoción por los menores afectados. A partir de esto se realizaron varios estudios, cuyos resultados determinaron la presencia de metales pesados en los patios y salas de la escuela, la cual fue cerrada ese mismo año y más de 40 niños con sospecha de déficit atencional y otros 34 con patologías respiratorias que fueron derivados a especialistas (Diario UChile, 2011).

El 2017, la población volvió a sentir conmoción por los habitantes de la zona de sacrificio cuando nuevamente se intoxicaron 18 menores, luego de que sintieran un intenso olor a gas en las instalaciones del recinto educacional, mientras que otros 300 alumnos debieron abandonar sus hogares por estas mismas razones (Red de Emergencia, 2017).

El año 2018 los episodios fueron más constantes. Entre agosto y septiembre se registraron al menos 1300 personas afectadas con 2 hospitalizadas, generando una alerta amarilla en la zona y la suspensión de clases en establecimientos educacionales. Esta vez los afectados fueron desde menores de edad (300 niños atendidos por síntomas de intoxicación) hasta los mismos trabajadores de Gasmar y Oxiquim, empresas pertenecientes al cinturón industrial de Quintero (el Mostrador, 2019). La intoxicación masiva se mantuvo durante más de un mes, donde el olor era insoportable y la población sufría constantes migrañas y vómitos, sin que hubiese un responsable único, simplemente se sabía que provenía del cinturón (el Mostrador, 2019). Esta crisis ambiental y sanitaria levantó un movimiento social nacional, y fue el comienzo de la presión que se impuso ante las entidades gubernamentales para mejorar la regulación o llevar a un cierre de las industrias, se presentó una resistencia local que terminó en un fallo histórico de la Corte Suprema reconociendo que se vulneraban los derechos humanos y del cual participaron la Defensoría de la Niñez, el Instituto Nacional de Derechos Humanos y varias organizaciones medioambientales y de resistencia en la zona, marcando un punto de inflexión muy significativo (el Mostrador, 2022a).

Otra situación recurrente en la zona de sacrificio, son los constantes varamientos de carbón registrados en las costas de Quintero. Para julio de 2021, ya iban 63 varamientos en el año, sin responsable ni regulaciones algunas (Stuardo, 2021). Y como si fuera poco, desde 2009 a 2022 se han contabilizado 935 de estos episodios. Ante la reiteración de estos eventos, la Corte de Apelaciones emitió, en junio de 2021, un fallo que suspendía la descarga de carbón en la bahía de Quintero, por el puerto de Ventanas. Sin embargo, los varamientos no han cesado (Montoya, 2022).

Parecido a los varamientos, los derrames de petróleo también han sido parte de la gran cantidad de catástrofes que ha vivido la bahía de Quinteros. Fue en 2014 cuando el buque tanque Mimososa de la empresa griega Empire Navigation en una maniobra de trasvase de combustible hacia los estanques de ENAP Refinería Aconcagua, por una maniobra errática se rompió el flexible que conducía el combustible, vertiendo 38.700 litros de petróleo al mar, según la Investigación Sumaria Administrativa que estudió el caso (González, 2021). Luego de varios días de sucedido el derrame, la seremi de Salud decretó el cierre de las playas afectadas y la prohibición de extracción de cualquier producto marítimo en estas costas hasta que se normalice la situación. Esta prohibición incluye cualquier actividad recreativa y comercial en las playas.

Un segundo derrame ocurrió en agosto de 2015, mientras otro buque reponía combustible. Cerca de 500 litros cayeron entonces al mar y en 2016, otro desastre se sumaba a la lista cuando una nave filtró aceite decantado por el desprendimiento de un tubo de acero revestido (Carrere, 2018). Los tres accidentes ambientales fueron responsabilidad de ENAP.

Estos tipos de episodios afectan directamente a los trabajadores pesqueros de la zona, quienes dejan de vender y generar ingresos para sus familias dado que los productos que venden tienden a estar altamente contaminados. Así lo demostró una investigación realizada por la organización de conservación marina Oceana y el laboratorio GCL de Fundación Chile, realizando muestreos en almejas, lapas, locos y jaibas. El 100% de las especies estaban contaminadas con cobre, arsénico y cadmio. Los índices más altos estaban en los locos del área de manejo de los pescadores de Ventanas con cinco veces más cobre y cuatro veces más arsénico que lo que permite la normativa chilena. Además 5 veces más cadmio que lo que permite la norma europea. Las jaibas también tenían cuatro veces más cobre y arsénico que lo que se permite en Chile y mucho más de lo que dictan las normas internacionales (Carrere, 2018).

#### **2.4 Impactos Ambientales y de Salud en la población**

La experiencia de vivir en un entorno tóxico genera diversos impactos en la salud de la población afectada, quienes al estar en contacto permanente con estas empresas contaminantes son víctimas de un deterioro en su salud humana. Si bien los episodios son cortos, el daño es duradero (Salmani-Ghabeshi et al., 2016).

Dentro de las experiencias de habitantes de la zona, está la de Cristina Ruiz, una activista miembro de la organización Mujeres en Zona de Sacrificio en Resistencia, quien comentó en una entrevista para

Chile Sustentable que: “Mi hija tiene Síndrome de Down, Millaray, hoy tiene 25 años, y en ese momento (década del 1990) había 8 niños con discapacidad en la escuela, y en un lapso de 4 a 6 años, en algún momento me tocó hacer un trabajo con el colegio de mi hija y me encontré con que había 85 niños, y me hizo mucho ruido que desde que yo había ingresado con mi hija -que había 8 niños- llegaron a tener 85 niños... Había subido en un cien por ciento, entonces me empecé a cuestionar por qué había tantos niños con Síndrome de Down, con mal formaciones, con problemas notables de discapacidad, y por qué había crecido tanto la escuela” (Veas & Fuentes, 2020).

Estos comentarios son evidenciados en diversos estudios realizados a zonas de sacrificio, los cuales demuestran empíricamente los impactos que han tenido estas industrias contaminantes en la salud de la población, donde más allá que afectar a los habitantes actuales, también afectan a aquellos por nacer. Así quedó evidenciado en el estudio publicado por investigadores de la Sociedad Chilena de Pediatría el 2019: “Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil”. En este, se realizó una revisión de literatura científica tanto en el país como alrededor del mundo, en estudios enfocados a efectos en infantes expuestos a centrales termoeléctricas (CTE). Este estudio concluyó que la exposición a emisiones de CTE durante el embarazo está asociada a nacimientos con muy bajo peso al nacer, menor talla, menor perímetro craneal y prematuridad. En términos de desarrollo cognitivo, se concluyó también que estos niños tenían coeficientes de desarrollo y coeficientes intelectuales más bajos en comparación con infantes no expuestos, como también un menor desarrollo de función pulmonar a largo plazo, con respecto a salud respiratoria. Otros estudios informaron tasas más altas de síntomas respiratorios (tos, sibilancias y dificultad para respirar), mayor prevalencia de sarampión y neumonía, y un diagnóstico de asma y autismo en los niños residentes en comunidades expuestas a CTE (Sandra Cortes et al., 2019).

Complementando las conclusiones realizadas en el estudio de la Sociedad Chilena de Pediatría desde un punto más científico y con mediciones puntuales, el año 2019 investigadores de diversas universidades de la quinta región del país evaluaron los riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente, en un estudio que permitió determinar la distribución espacial de las concentraciones totales en suelo de arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) en las comunas de la zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví. Las concentraciones totales de estos elementos se determinaron en 245 muestras de capa superficial del suelo, utilizadas para generar mapas de distribución continua.

El estudio mostró que el riesgo ecológico en los suelos está dado por la concentración de elementos como el cobre (Cu) y el arsénico (As) predominantemente. Este hallazgo es consistente con informes

previos donde Cu determina la fitotoxicidad en el área de estudio. Así mismo, otros resultados importantes revelaron que el 6% del área de estudio exhibió concentraciones de Zn por encima del nivel de fondo. En contraste, 77, 32 y 35% del área de estudio presentaron concentraciones de Cu, As y Pb, respectivamente. El riesgo carcinogénico debido a la exposición al arsénico fue superior en la población de niños pequeños (1-5 años de edad) en el 27% del área de estudio. Con base en las concentraciones estimadas de Cu intercambiable, 10, 15 y 75% del área de estudio exhibieron riesgo de fitotoxicidad alto, medio y bajo, respectivamente (Tapia-Gatica et al., 2019). En la Tabla 2-1 se muestran los valores finales de concentraciones de los elementos estudiados en miligramos por kilogramo de peso.

*Tabla 2-1. Concentraciones de fondo de As, Cu, Pb y Zn en los municipios de Puchuncaví- Quintero.*

|                                      | Elementos presentes en el suelo de la zona de sacrificio. |    |    |     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----|----|-----|
|                                      | Cu                                                        | As | Pb | Zn  |
| Contenido total del elemento (mg/kg) | 100                                                       | 16 | 35 | 122 |

Fuente: Tapia-Gatica et al., 2019

Para poder entender con mayor claridad los valores mostrados, es necesario comprender cuáles son los valores normales de miligramo de elemento por kilogramo de suelos contaminados, donde la revisión bibliográfica internacional dice que, para el arsénico, el total promedio de suelos contaminados corresponde aproximadamente a sólo 5 (mg As/kg) (Arai, 2010), mientras que actualmente el contenido del elemento para la zona de estudio llega a los 16 (mg As/kg). Esto es preocupante considerando que los suelos volcánicos contienen hasta 20 (mg As/kg) (Arai, 2010).

Por otro lado, las concentraciones normales de cobre en suelos llegan a ser entre 20 a 30 (mg Cu/kg) (Hough, 2010), algo muy alejado a los 100 (mg Cu/kg) que se concentran en la zona estudiada.

Para el plomo, las estimaciones en suelos no contaminados son varias. Algunos autores comentan un valor medio de 29 (mg Pb/kg), mientras que otros estudios han llegado a reportar una concentración media de 17 (mg Pb/kg) (Hough, 2010). Cualquiera sea el caso, estos valores siguen estando por debajo del actual correspondiente a la zona de sacrificio, donde la concentración de plomo llega hasta los 35 (mg Pb/kg).

Finalmente, para el Zinc se tienen referencias de estudios para suelos en Estados Unidos y el Reino Unido, donde el valor fluctúa entre los 80 (mg Zn/kg) (Chaney, 2010).

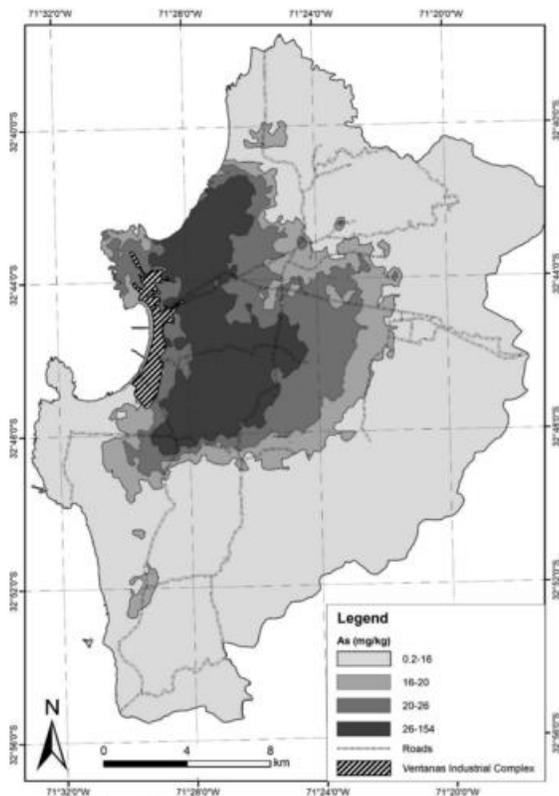
Para ser más específicos aún, los investigadores identificaron que las concentraciones de Cu, As y Pb se correlacionaron positivamente entre sí, lo que sugiere que su fuente es efectivamente la fundición de cobre Ventanas. Las concentraciones de As y Pb en los suelos estudiados fueron mayores en las inmediaciones del Complejo Industrial Ventanas y en la dirección de los vientos predominantes, es decir, al este del complejo (Tapia-Gatica et al., 2019). Si bien los valores promedio son elevados, el estudio hace referencia también al porcentaje del área donde estos alcanzan concentraciones sobre el nivel adecuado para estos elementos. Es decir, del total de la zona de sacrificio estudiada, que porcentaje de ella tiene concentraciones elevadas, medias y bajas con respecto al nivel normal para la zona.

*Tabla 2-2. Porcentaje de áreas afectadas por elementos en la zona de sacrificio.*

| Elemento | Zona con concentraciones altas | Zona con concentraciones medias | Zona con concentraciones bajas |
|----------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Cu       | 12                             | 25                              | 40                             |
| As       | 11                             | 11                              | 10                             |
| Pb       | 11                             | 11                              | 13                             |
| Zn       | 2                              | 2                               | 2                              |

Fuente: Tapia-Gatica et al., 2019.

Los porcentajes mostrados en la tabla se pueden ver con más claridad en la figura 2.3, mostrando la distribución de arsénico, siendo uno de los contaminantes con una concentración promedio mayor a la esperada y también esta concentración elevada se puede ver con más claridad en el 11% de la zona. Se nota en la figura que los mayores niveles de concentración corresponden a la zona más cercana al CIV (Complejo Industrial Ventanas), a todo el sector que corresponde a colegios, comunidades, y otros.



**Figura 2-3. Distribución del As total en los suelos de la zona.**

Fuente: Tapia-Gatica et al., 2019.

Los niveles elevados de arsénico en suelo representan un alto riesgo a la salud de la población a largo plazo, en síntomas tales como cambios de pigmentación en la piel, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel. Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y pulmón (OMS, 2022).

En conjunto a todos estos síntomas y efectos generales, otros estudios más específicos a la zona de sacrificio han demostrado que el arsénico tiene secuelas importantes sobre la salud de la población. Un artículo científico reciente de la Universidad de Valparaíso detectó que podría haber una falla en el gen p53 (que protege del cáncer) en los habitantes de Puchuncaví y Quintero (Aparicio, 2022).

En cuanto al cambio ambiental de la zona, un poblador comentó que: “Basta que te des una vuelta y te vas a dar cuenta cómo andan los animales con tumores, porque a los animales también les repercute toda la contaminación, no sólo a los seres humanos, ellos son, no sé si son los primeros, pero de todas maneras les afecta la contaminación y se demuestra en sus cuerpos, y tienes que mandarlos a dormir

porque terminan enfermando a otros perros sanos. Tenemos estudios, y todos los que hemos hecho - que nos hemos demorado años- avalan todo lo que estoy diciendo; el estudio en la niñez, en las hortalizas, en el suelo, en el aire, en el mar, las especies marinas, que eran más de quinientas y tantas y hoy tenemos alrededor de 70; y la pesca ya no es desde la misma distancia; antes los pescadores podían pescar cerca, ahora gastan mucho más combustible porque es mucho más adentro, y más adentro mucho tampoco se puede porque obviamente hay una ley de pesca que también les prohíbe llegar hasta cierta parte” (Veas & Fuentes, 2020).

Durante julio de este año, se anunció la realización de un nuevo estudio para conocer la prevalencia, características y factores de riesgo de enfermedades en la zona de sacrificio, este será desarrollado por el Departamento de Salud Pública de la Pontificia Universidad Católica de Chile y contará con una encuesta epidemiológica-ambiental; evaluaciones de la función respiratoria en la población; exámenes de laboratorio, entre ellos, perfil hepático, lipídico, hemograma y glicemia, y el biomonitoreo de metales (MINSAL, 2022). El estudio va avanzando rápidamente, para octubre del 2022 el avance de personas encuestadas ascendía al 41,4% del total de población enfocada en la zona de sacrificio (Ministerio de Salud, 2022).

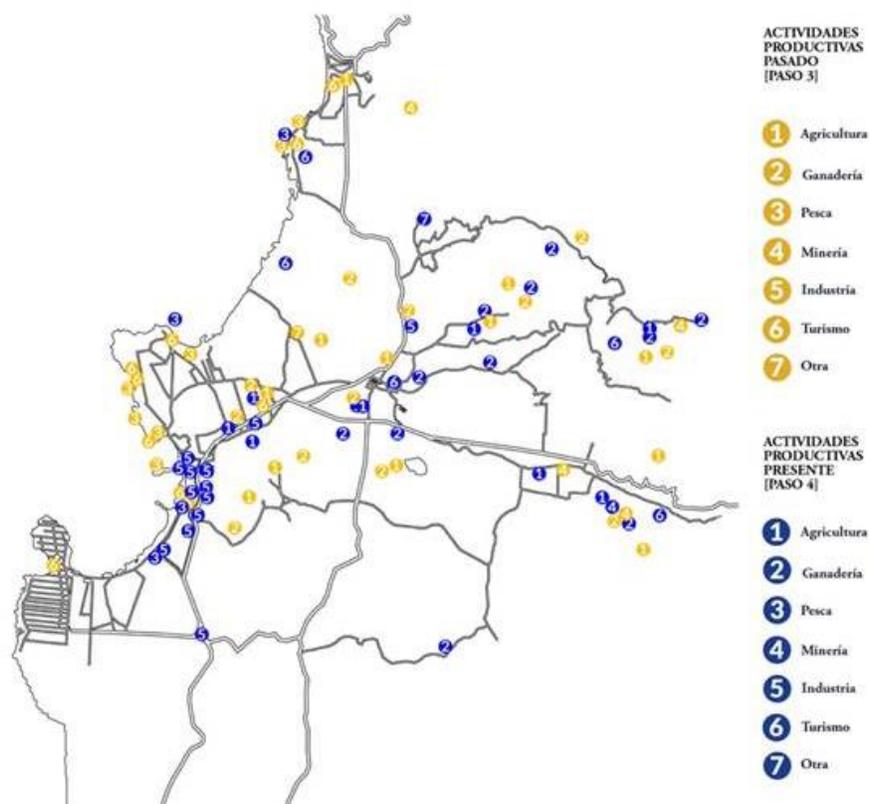
### **3 Análisis de actividades productivas en la zona**

#### **3.1 Desarrollo comunal de actividades productivas**

En conjunto a los impactos ambientales y de salud que conllevó la instalación del complejo Industrial Ventanas, un factor que también fue afectado corresponde al desarrollo económico y social de la comuna, con relación a las actividades productivas que solían sostener económicamente a la población, y luego dejaron de ser relevantes con la llegada de las nuevas industrias, como también dejaron de ser sostenibles con la calidad ambiental a la que empezó a enfrentarse la zona.

Existen varios testimonios de habitantes que comentan el auge que existía en ganadería, agricultura y pesca en la zona, un auge que no duró mucho con la llegada de las centrales termoeléctricas a la costa. Un estudio reciente que consistía en un taller participativo con miembros de la comunidad para reconocer el desarrollo comunal de la zona clasificó el pasado como una época de abundancia productiva, reconociendo una identidad territorial común, basada en las actividades productivas que creaban cercanías y relaciones entre las localidades, uniéndose territorial y geográficamente (Hormazábal Poblete et al., 2019). Lamentablemente el deterioro medioambiental en la comuna afectó estas diversas actividades productivas, repercutiendo tanto en la identidad territorial a nivel

comunal como en el habitar de la población, disminuyendo significativamente la agricultura, la ganadería y la pesca en toda la comuna, y reubicándose en recintos más reducidos y próximos a las localidades, fuera de la zona contaminada correspondiente al complejo Industrial Ventanas, tal como se muestra en la figura 3.1 a continuación.



**Figura 3-1. Actividades productivas del pasado y del presente en la comuna.**

Fuente: Hormazábal Poblete et al., 2019.

Una de las actividades más afectadas en este cambio fue la pesca artesanal, un trabajo muy dependiente del estado de las aguas cercanas a la costa y de la calidad de sus fondos marinos. Antiguamente, previo a la creación del puerto, eran las comunidades pesqueras quienes tenían un espacio agro portuario en la comuna. A la bahía convergían muchas caletas: Loncura, Ventana, Quintero, Papagayo, Horcón, entre otras (IMFD, 2022). Sin embargo, los contaminantes que empezaron a llegar a la bahía no tardaron en generar una suspensión en la actividad pesquera y sus operaciones, debido a la toxicidad de los productos marinos que esperaban comercializarse. Así lo relata un dirigente social de la zona, quien comenta su experiencia: “Hubo una tremenda crisis porque unos productos salieron contaminados. Y cuando eso se produce, el cultivo fue noticia regional. Y ahí

hubo la pobreza y miseria más grande que yo he visto en toda mi vida en Ventana. Los resultados del Servicio Nacional de Salud llevaron al cierre de la comercialización de todos esos productos. Nadie nos quería comprar nada después (IMFD, 2022)”.

La agricultura y ganadería también son factores significativamente afectados por las contaminaciones del complejo industrial, dado la biomagnificación que se produce por la contaminación del suelo que luego pasa a cualquier alimento que sea cosechado de la tierra, como también cualquier alimento consumido por animales que sean parte de una de estas actividades productivas. La primera contaminación grave fue el año 1958, cuando el entonces subsecretario de agricultura declaró que existían daños en los cultivos agrícolas de la localidad de Los Maitenes (comuna de Puchuncaví) y también se veían muertes de animales, especialmente ovejas, las cuales se producían por respirar a flor de tierra absorbían tóxicos del aire y al pastear prados cuyas condiciones nutritivas estaban alteradas (Paredes, 2019).

Otro sector afectado es el turismo. Por un lado, la llegada de turistas bajó drásticamente después de los derrames petroleros. Ramírez explica que “hoy en día todavía existe turismo, sin embargo, las personas con mejor situación económica obviamente prefieren ir a otras zonas y no en esta zona industrial, en donde existe un riesgo evidente a que ocurra algún incidente” (Centro de Análisis Socio Ambiental, 2020).

### **3.2 Impactos económicos del Complejo Ventanas**

Un estudio publicado en la revista *Earth's Future* buscó reconstruir la historia socioambiental de la comuna de Puchuncaví, integrando sus índices de polución históricos con las tendencias macroeconómicas e índices de desigualdad social, desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, obteniendo los resultados mostrados en el anexo A. En esta se puede observar la evolución de diversos índices económicos tales como la producción del cobre y el PIB a nivel nacional en la parte C, la disminución del valor de producción bruta agroganadera en la parte D, el aumento del área industrial en E, y el porcentaje de la población en situación de pobreza tanto a nivel nacional como a nivel comunal en la parte G de la figura. Varios datos previos a 1970 fueron reconstruidos en base a diversos estudios económicos y diferentes líneas de evidencia, indicando que la incipiente carga contaminante provocada por la llegada de las industrias comenzó a contribuir a la desigualdad ambiental y económica en el valle de Puchuncaví (Gayo et al., 2022).

Según se puede observar, es a partir del año 1960 que los concentrados de cobre aumentaron rápidamente a escala nacional a medida que llegaron las primeras industrias a la zona. En consecuencia, el PIB aumentó considerablemente, sin embargo, tal crecimiento económico sin precedentes fue acompañado de un aumento de la desigualdad de ingresos entre 1980 y 1990 según lo demuestra el índice (o coeficiente) Gini, el cual mide la desigualdad de renta relativa en la población. Este empezó a descender recién a principios de los años 90.

Esta desigualdad fue provocada principalmente por el descenso simultáneo de la producción agrícola y ganadera, donde la drástica caída del valor bruto de producción, unida a la pérdida de tierras cultivables y de mano de obra agrícola probablemente llevaron a las comunidades de Puchuncaví a la desigualdad social. En esos tiempos, la reasignación de mano de obra al sector industrial fue mínima, por lo que el desplazamiento de las economías tradicionales y la reducción de sus beneficios podrían haber aumentado los niveles locales de pobreza y exclusión (Gayo et al., 2022).

Según varios autores del estudio, la rápida reducción del porcentaje de la población que vive por debajo del umbral de la pobreza podría explicarse también por la reorientación de la economía local hacia otros rubros como la industria y el turismo, algo que nuevo para la comunidad que solía sustentarse de la actividad agropecuaria y ganadera. Aun así, esta relación entre el crecimiento económico chileno y la disminución de los niveles de pobreza local no elimina la desigualdad social en la zona. En efecto, los niveles de pobreza en Puchuncaví han sido comparativamente más altos que los niveles nacionales según se muestra en el anexo A, manteniéndose así hasta principios de los años 2000, donde este recién logró posicionarse por debajo de los niveles de pobreza a nivel país.

En relación con las concentraciones de contaminantes, estas alcanzaron su peak máximo tanto para material particulado como dióxido de azufre a mitad de la década del 90, lo cual también coincidió con el mínimo existente tanto de superficie sembrada neta como de valor bruto de producción agroganadera. Ambos datos son coincidentes dado la estricta relación que tienen los contaminantes por sobre este rubro económico, que como se puede observar en el gráfico (D) nunca volvió a sus valores previos a la industrialización de la zona, que logró aumentar exponencialmente la extensión del complejo en la década de los 80 pero quedó atascada en los siguientes años, no teniendo mayor evolución.

La combinación de aumento en la producción de cobre, la concentración de contaminantes, la caída de la industria agroganadera y el alza de la industria manufacturera evidencia en el gráfico sus

consecuencias en la población, empeorando la desigualdad de ingresos y el bienestar entre las comunidades de Puchuncaví desde finales de la década de 1970, algo que no se ha logrado mejorar hasta el día de hoy.

En los últimos años es posible también hacer un análisis de la actividad económica de la zona, basándose en información entregada sobre población involucrada en las ramas productivas de la localidad aledaña a la zona de sacrificio, información que se encuentra disponible en línea en organizaciones estadísticas como el INE, CENSO, etc.

Recolectando información de reportes comunales más recientes para las comunas de Quintero y Puchuncaví y del Sistema de Servicios Impuestos (SII), se puede observar que efectivamente las consecuencias de las contaminaciones no sólo ocurren en la industria en sí, si no que en todo aquel que le rodea, como es el caso de la agricultura y la pesca, donde en los últimos años se puede ver una disminución eminente, tanto en empresas como en trabajadores de ella. En este último se puede ver una disminución de más del 70% de los trabajadores en el rubro (ver tabla 3.1), esto dado los últimos episodios de contaminación en cultivos agrícolas, como también en derrames de petróleo en el mar que terminan por suspender toda actividad pesquera, por el peligro a intoxicación. También es necesario considerar que las variaciones que puedan existir durante el periodo 2020-2021 en relación a la cantidad de trabajadores pudieron ser afectadas por el factor pandemia que impactó negativamente las diferentes actividades productivas del sector, en especial la pesca (Litoral Press, 2020).

Si bien la industria manufacturera no presenta mayores cambios en la cantidad de empresas que existen en la zona, esta si se ha visto afectada en los años estudiados a partir de otros datos, puesto que si se puede observar que no es la principal actividad económica que sostiene a las comunas, es decir, el crecimiento y desarrollo comunal que se prometía con la llegada de estas empresas, no se ha cumplido con el pasar de los años (ver anexo B). Esto se puede ver reflejado en relación a la cantidad de trabajadores dedicados a diversos rubros económicos, donde es posible observar que las industrias manufactureras no alcanzan a tener 600 trabajadores mientras que, por otro lado, el área de construcción llega a ser casi cinco veces el número de trabajadores que las manufactureras, mientras que el comercio al por mayor y menor le duplica. Es posible ver también que incluso existen más trabajadores en rubros administrativos que trabajadores en la industria manufacturera.

*Tabla 3-1. Número de trabajadores según rubro económico durante el periodo 2017-2021.*

| Rubro                                                                                      | Años |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                                            | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca                                               | 1141 | 483  | 434  | 358  | 321  |
| Explotación de minas y canteras                                                            | 98   | 35   | 107  | 68   | 63   |
| Industria manufacturera                                                                    | 499  | 423  | 441  | 430  | 682  |
| Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado                                | 4    | 1    | 4    | 1    | 1    |
| Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación | 84   | 132  | 121  | 96   | 244  |
| Construcción                                                                               | 4085 | 3797 | 3761 | 3312 | 3357 |
| Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas   | 1157 | 1107 | 1008 | 802  | 1438 |
| Transporte y almacenamiento                                                                | 503  | 488  | 638  | 694  | 754  |
| Actividades de alojamiento y de servicio de comidas                                        | 900  | 1042 | 1170 | 1034 | 1395 |
| Información y comunicaciones                                                               | 77   | 57   | 55   | 50   | 63   |
| Actividades financieras y de seguros                                                       | 11   | 8    | 9    | 9    | 14   |
| Actividades inmobiliarias                                                                  | 165  | 171  | 130  | 130  | 170  |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas                                          | 65   | 236  | 385  | 452  | 188  |
| Actividades de servicios administrativos y de apoyo                                        | 350  | 1082 | 644  | 912  | 1062 |
| Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria     | 1677 | 1758 | 1829 | 1924 | 1964 |
| Enseñanza                                                                                  | 377  | 494  | 446  | 431  | 451  |
| Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social                          | 42   | 49   | 48   | 88   | 131  |
| Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas                                   | 52   | 111  | 95   | 101  | 143  |
| Otras actividades de servicios                                                             | 371  | 291  | 331  | 359  | 358  |
| Sin información                                                                            | 6    | 4    | 12   | 17   | 12   |

Fuente: SII.

## 4 Gestión Ambiental

### 4.1 Normas de gestión ambiental en Chile

Según el Servicio de Evaluación Ambiental, el concepto de normativa de carácter ambiental hace referencia a aquellas normas propuestas por el Estado cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental (SEIA, 2022).

En Chile, recién en el año de 1995 se estableció el Reglamento para la Dictación de las Normas de Calidad y de Emisión, el cual establece este procedimiento considerando un análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, y consultas a organismos competentes, públicos y privados. Esta norma establece además los plazos y formalidades de cumplimientos requeridos y los criterios para revisar las normas vigentes (Tecnologías Limpias, 2007).

Es en este reglamento que se identifican las normas ambientales según la siguiente clasificación:

- **Norma Primaria de Calidad Ambiental:** Son aquellas que establece los estándares o valores de las concentraciones y períodos máximos y mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia.
- **Norma Secundaria de Calidad Ambiental:** Son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

Actualmente existen 21 decretos relacionados a normas de calidad ambiental en la Biblioteca del Congreso Nacional en los archivos del Ministerio del Medio Ambiente (BCN, 2022a)

- **Norma de Emisión:** Es la que establece la cantidad máxima permitida para un contaminante medido en el efluente de la fuente emisora.

A la fecha, existen 37 decretos relacionados a normas de emisión en la Biblioteca del Congreso Nacional en los archivos del Ministerio del Medio Ambiente (BCN, 2022b).

A partir de estos lineamientos es posible crear normas ambientales para la regulación de emisiones y concentraciones de sustancias para las industrias, y estas deben regirse de estas normas para poder seguir operando, y también llevar una convivencia con el medio ambiente.

En el caso del aire, existen diversas normas primarias de calidad del aire actualmente vigentes, para compuestos tales como  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$  y también para material particulado respirable 2,5 y 10. Esto deja un vacío en otros compuestos que podrían ser muy dañinos para la población, como lo son el cobre y el arsénico, por ejemplo. Estas normas de aire también dejan un vacío con respecto a que no existen parámetros para la concentración admisible en el suelo. En efecto, esta concentración es estimada en relación al aire, es decir, un medio relacionado pero independiente a aquél en donde los metales pesados son finalmente depositados.

#### **4.2 Evolución de medidas de gestión ambiental para el complejo Ventanas**

La normativa ambiental para la zona de sacrificio empezó de manera tardía, y es que si bien en 1990 se emitieron varios decretos para medir y sancionar las emisiones, estas no tuvieron éxito (el Mostrador, 2022a) dado que recién en el año 1997 se publica el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y comienza a operar el Sistema de Impacto Ambiental en Chile (Fundación Terram, 2018), y recién desde este año en adelante las empresas empezaron a ser evaluadas medioambientalmente, por lo que los proyectos que entraron en operación antes de 1997 no cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) y si bien son fiscalizadas actualmente, su creación no cumplía con las normas básicas de gestión ambiental para su realización, lo que conlleva a las grandes contaminaciones en la zona.

Por tanto, después de este año empezaron las normas primarias para la calidad del aire tanto en la zona como en el país, y las empresas debieron ajustarse a estas limitaciones en sus contaminaciones, sobre todo en la zona de sacrificio, las cuales fueron controladas con una red de monitoreo inaugurada en 1992, con la cual se pudo luego decretar el Plan de Descontaminación para Quintero-Puchuncaví, el cual se centraba en dos contaminantes: el dióxido de azufre y el material particulado  $MP_{10}$ .

Sin embargo, esto dejaba fuera otros contaminantes, y es que para el año 1994 hacia fines del gobierno del presidente Patricio Aylwin, se dictó la norma primaria de calidad de aire para arsénico (Decreto N°477 del Ministerio de Salud). Posteriormente, el gobierno del presidente Eduardo Frei Ruiz-Tagle la derogó, con el compromiso de elaborar una nueva norma entre el Ministerio de Salud y la entonces recién creada Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Sin embargo, esto nunca llegó a

ocurrir (Fundación Terram, 2022a) y hasta el día de hoy, la norma para este contaminante sigue sin existir, por tanto, es poco probable que las empresas detengan su comportamiento si no hay control sobre ellas en esta materia.

Sin embargo, si se crearon diversas normas primarias para la calidad del aire (mencionadas en el apartado anterior), que siguieron en revisión con el fin de mantener el orden y la realidad con respecto a los valores de contaminación en las zonas, y es que estas normas deben ser revisadas cada 5 años según la ley chilena (Vita, 2022).

Una de las normas que ha tenido más relevancia es la norma de  $SO_2$  que se aprobó por primera vez en el año 2002, y ha sufrido varios cambios desde entonces, siendo el más reciente la nueva norma que empezó a regir en 2019, la cual establece como concentración anual máxima desde  $60 \mu g/m_3$  N, equivalente a 23 ppbv, mientras que como concentración máxima de 24 horas será de  $150 \mu g/m_3$  N máxima, equivalente a 57 ppbv (Torres Muñoz, 2022). Si bien estos valores son aceptables al compararlos con normativas horarias internacionales similares, la verdad es que la normativa europea por ejemplo, acepta 24 excesos de la norma horaria durante toda su vida, mientras que esta nueva norma chilena acepta 131 excesos de esta norma horaria por año, durante 3 años (un total de 393 excesos en su valor hora de  $350 \mu g/m_3$ ), antes de ser reconocida como zona saturada de  $SO_2$  e implementar un Plan de Cumplimiento (Vita, 2022).

Actualmente, existen dos planes de descontaminación que se rigen para la zona de sacrificio, siendo uno el Programa para la Recuperación Ambiental y Social (PRAS) de Quintero – Puchuncaví, que consta de 25 objetivos y un conjunto de 123 medidas de solución para ser implementadas en los siguientes 5 años (Ministerio del Medio Ambiente y CRAS, 2017). Y por otro lado, el Plan De Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví publicado en 2019, un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, en una zona latente y recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada (Ministerio del Medio Ambiente, 2019a). Es a partir de estos dos planes que se le exigen cambios y se ponen límites para las emisiones y otras acciones contaminantes de las industrias en la zona. Una línea de tiempo para las medidas de gestión en la zona se muestra en el anexo C.

El PPDA tomó en particular consideración evitar la superación de la norma de calidad ambiental para  $MP_{10}$  como concentración anual y  $MP_{2,5}$  como concentración 24 horas, recuperando los niveles

señalados en esta última en un plazo de 5 años. Para efectos de la elaboración de este Plan, se consideraron los registros de calidad del aire de 10 estaciones de monitoreo pertenecientes a la Red CODELCO División Ventanas-AES GENER S.A. y la Red ENAP, en las cuales existía una diversa representatividad de  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5}$ ,  $SO_2$  y  $NO_2$  (Ministerio del Medio Ambiente, 2019a).

**Tabla 4-1. Evolución emisiones máximas permitidas según el PPDA.**

| Unidad Fiscalizable                  | Parámetro | Emisiones (ton/año)           |                                |          |          |          |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
|                                      |           | Año Base (promedio 2015-2017) | Máximas permitidas por el PPDA | Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 |
| Codelco División Ventanas            | MP        | 211                           | <b>104</b>                     | 81       | 101      | 92       |
|                                      | $SO_2$    | 12.852                        | <b>10.561</b>                  | 9.527    | 10.442   | 9.188    |
|                                      | $NO_x$    | 97                            | <b>N/A</b>                     | N/A      | N/A      | N/A      |
| Complejo Termoeléctrico AES GENER    | MP        | 195                           | <b>212</b>                     | 100      | 85       | 77       |
|                                      | $SO_2$    | 6.253                         | <b>5.579</b>                   | 4.823    | 4.572    | 4.376    |
|                                      | $NO_x$    | 7.770                         | <b>7.523</b>                   | 5.819    | 5.152    | 4.570    |
| ENAP Refinerías                      | MP        | 918                           | <b>918</b>                     | 551      | 552      | 570      |
|                                      | $SO_2$    | 1.492                         | <b>1.492</b>                   | 1.682    | 1.447    | 1.174    |
|                                      | $NO_x$    | 1.169                         | <b>1.169</b>                   | 849      | 772      | 701      |
| Sumatoria de las emisiones (ton/año) |           | 30.957                        | 27.558                         | 23.432   | 23.123   | 20.748   |

Fuente: Superintendencia del Medio Ambiente, 2022

En atención al análisis de las emisiones, se establecieron medidas de reducción de éstas, para las mega fuentes Codelco Ventanas, Aes Gener y ENAP, y emisiones máximas permitidas desde el momento de publicación del plan, cuyo límite y evolución durante los años 2019 al 2021 se puede observar que las empresas fiscalizadas han logrado cumplir con los objetivos y han disminuido sus emisiones en los últimos tres años (con la excepción del exceso de  $SO_2$  en ENAP el 2019, el cual fue sancionado) .

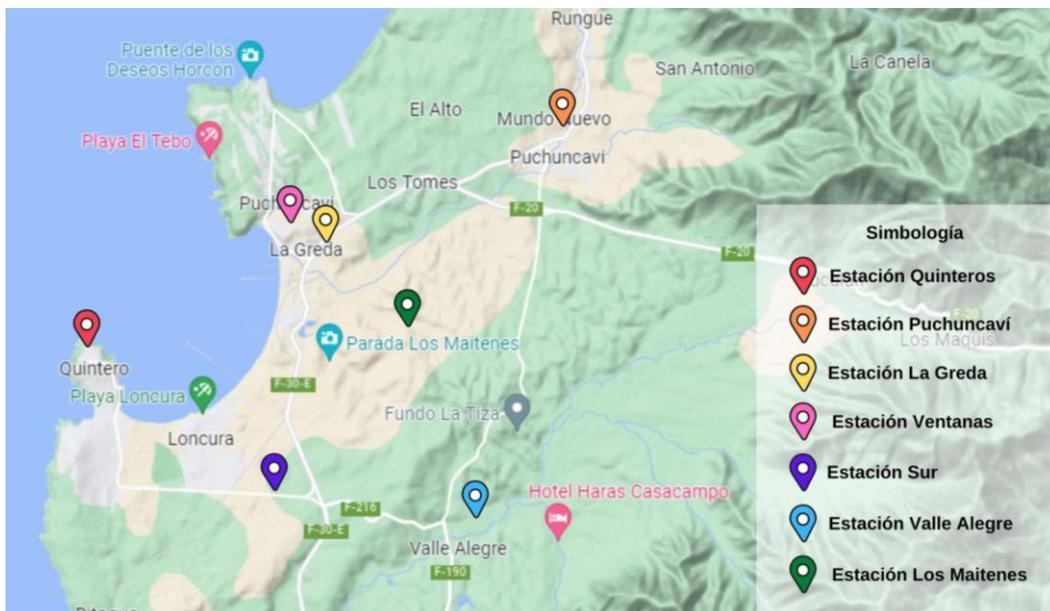
Cabe mencionar que estas emisiones son calculadas individualmente por cada una de las entidades fiscalizadas, y son verificadas por el SMA. Así mismo, se evidencia que el total de emisiones en el periodo 2019 - 2021 para los parámetros MP,  $SO_2$  y  $NO_x$  , considerando la suma de las emisiones las

tres mega fuentes, no superaron el total de emisiones máximas permitidas desde la publicación del Plan, ni las emisiones del año base, a nivel global. Se puede observar un gráfico para mayor claridad en el anexo D.

### 4.3 Situación actual en Quintero-Puchuncaví

Actualmente, existe un monitoreo en tiempo real que permite conocer el estado de la calidad del aire de la zona en tiempo real y sus datos son obtenidos de las trece estaciones de monitoreo de calidad del aire distribuidas en el área Concón- Quintero- Puchuncaví. Estas estaciones han permitido visualizar de manera mucho más eficiente y rápida la situación en la zona de sacrificio, y por tanto tener más control en ella. Hay nueve estaciones de monitoreo que miden dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), seis estaciones miden  $MP_{2,5}$ , ocho estaciones el  $MP_{10}$  y  $O_3$ , cinco estaciones el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metano (VOCNM) y metano ( $CH_4$ ).

Específicamente para el Complejo Industrial Ventanas existen siete estaciones de monitoreo que están encargadas de medir la calidad del aire en sectores de representación poblacional y agrícola de la zona Industrial de Ventanas (ver figura 4-3). Estas redes pertenecían a Codelco División Ventanas-AESGENER.S.A, y eran supervisadas por SGS, una empresa suiza hasta que el 2018 las empresas entregaron al Estado la administración de la red de monitoreo ambiental, cumpliendo así con la primera de las cinco medidas del plan implementado por el gobierno (Reporte Minero, 2018).



*Figura 4-1. Ubicación estaciones de monitoreo para la red CIV.*

Fuente: Elaboración propia con información entregada por SINCA.

Cada una de estas estaciones mide diferentes tipos de contaminantes en el aire, y la técnica de medición varía según el parámetro estudiado. En la tabla 4-2 se pueden observar las siete estaciones encargadas de monitorear el complejo industrial, y cuáles son los contaminantes que mide cada una de estas. En el caso de estaciones más cercanas a las industrias, como Quintero y Los Maitenes, estas miden los seis contaminantes más importantes. Sin embargo, el monóxido de carbono (CO) es un contaminante que sólo es medido por cuatro de las siete estaciones. Como también el  $MP_{2,5}$  no está dentro de las mediciones para las estaciones SUR y Puchuncaví.

*Tabla 4-2. Contaminantes monitoreados en estaciones del Complejo Industrial Ventanas.*

| Estación     | Contaminantes |            |        |    |       |        |
|--------------|---------------|------------|--------|----|-------|--------|
|              | $MP_{10}$     | $MP_{2,5}$ | $SO_2$ | CO | $O_3$ | $NO_2$ |
| La Greda     | sí            | sí         | sí     | no | sí    | sí     |
| Los Maitenes | sí            | sí         | sí     | sí | sí    | sí     |
| Puchuncaví   | sí            | sí         | sí     | no | sí    | sí     |
| SUR          | sí            | no         | sí     | sí | sí    | sí     |
| Valle Alegre | sí            | no         | sí     | no | sí    | sí     |
| Quintero     | sí            | sí         | sí     | sí | sí    | sí     |
| Ventanas     | sí            | sí         | sí     | no | sí    | sí     |

Fuente: SINCA, 2020

Como se mencionó anteriormente, la idea principal de estas estaciones de monitoreo es que sea posible un seguimiento más severo a la concentración de contaminantes en la zona, guiándose de las normas primarias de calidad del aire propuestas y modificadas por el Ministerio del Medio Ambiente. La norma para el  $MP_{10}$  fue propuesta el año 1998 y modificada recientemente el 2022. Así mismo la norma para el dióxido de azufre fue promulgada el año 2003 y modificada el 2019. Mientras que para  $MP_{2,5}$  su norma fue publicada el 2011, tanto para el dióxido de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono sus respectivas normas fueron promulgadas el año 2003 y no han sufrido modificaciones desde entonces (SINCA, 2022).

*Tabla 4-3. Límites de las normas de calidad primarias para el aire.*

| Contaminante | Concentración | Norma Chilena |      | Recomendación OMS |
|--------------|---------------|---------------|------|-------------------|
|              |               | $\mu g/m^3$   | ppbv | $\mu g/m^3$       |
| $MP_{2,5}$   | diaria        | 50            | -    | 15                |
|              | anual         | 20            | -    | 5                 |
| $MP_{10}$    | diaria        | 130           | -    | 45                |
|              | anual         | 50            | -    | 15                |
| $SO_2$       | diaria        | 150           | 57   | 40                |
|              | anual         | 60            | 23   | -                 |
| $NO_2$       | por hora      | 400           | 213  | 25                |
|              | anual         | 100           | 53   | 10                |
| $O_3$        | 8 horas       | 120           | 61   | 100               |

Fuente: Elaboración propia a partir de la normativa aplicable y las directrices OMS para la calidad del aire (Organización Mundial de la Salud, 2021; SINCA, 2022).

En la tabla anterior se observa los límites de concentraciones para los diferentes contaminantes según la norma aplicable chilena, esta se define en límites tanto horarios como anuales. Los límites horarios son los que son monitoreados constantemente por las estaciones, mientras que el cálculo anual se realiza en base de estos mismos monitoreos. Si bien los valores para varias de estas normas han sido actualizados recientemente, están lejos de las recomendaciones dadas por la Organización Mundial de la Salud. Estas directrices fueron actualizadas el año 2021 y proporcionan metas intermedias a modo de guía para que los países que superan actualmente los niveles que figuran en las directrices puedan aplicar medidas de reducción de la contaminación, destinadas a disminuir oportunamente esos niveles (Organización Mundial de la Salud, 2021). En el caso de Chile, los valores límites exceden significativamente los valores recomendados por la OMS (ver Tabla 4-3). Esto pasa para todos los

contaminantes, donde la norma chilena muchas veces triplica los valores recomendados, como lo es el caso del dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

Con respecto a la legislación de estándares para la calidad del aire en otros países, la norma chilena sigue estando por sobre los valores establecidos para países como Estados Unidos o la Unión Europea (UE). Al comparar los parámetros chilenos con la UE, estos últimos suelen ser mucho más bajos que los permitidos en el país. En el caso del  $MP_{10}$ , en Chile se permiten hasta  $130 \mu g/m^3$  diarios, mientras que la UE permite hasta 40. Así mismo en el caso del  $NO_2$ , la UE acepta hasta  $200 \mu g/m^3$  horarios y  $40 \mu g/m^3$  anuales, y en el país se permiten hasta el doble tanto horarios como anuales ( $400$  y  $100 \mu g/m^3$  respectivamente). Luego al comparar estos valores con los estándares dados por la EPA en Estados Unidos, los parámetros de este país son más cercanos a los chilenos en algunos casos, y en otros existe una diferencia más notoria. Para el  $MP_{10}$  por ejemplo, Estados Unidos admite hasta  $150 \mu g/m^3$  diarios, y para el  $SO_2$  hasta 140 ppb diarios y 30 ppb anuales (versus los 57 y 23 ppb permitidos en Chile). Para el  $NO_2$  el país norteamericano permite la misma cantidad anual que Chile, mientras que las concentraciones horarias de este contaminante no pueden sobrepasar los 100 ppb (Torres Muñoz, 2021).

**Tabla 4-4. Niveles de emergencia ambiental.**

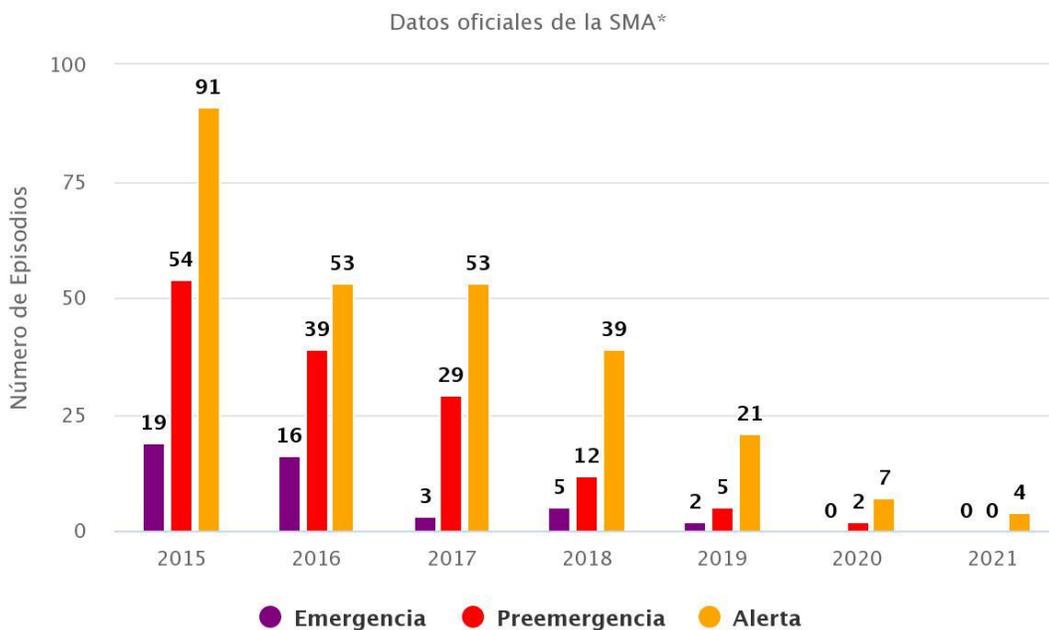
| Contaminante | Alerta      |            | Preemergencia |           | Emergencia  |       |
|--------------|-------------|------------|---------------|-----------|-------------|-------|
|              | $\mu g/m^3$ | ppbv       | $\mu g/m^3$   | ppbv      | $\mu g/m^3$ | ppbv  |
| $MP_{2,5}$   | 80-109      | -          | 110-169       | -         | 170<        | -     |
| $MP_{10}$    | 180-290     | -          | 230-329       | -         | 330<        | -     |
| $SO_2$       | 500-649     | 191-247    | 650-949       | 248-362   | 950<        | 360<  |
| $NO_2$       | 1130 - 2259 | 601 - 1201 | 2260 - 2999   | 1202-1595 | 3000<       | 1596< |
| $O_3$        | 400 - 799   | 204 - 407  | 800 - 999     | 408-509   | 1000<       | 510<  |

Fuente: Elaboración propia a partir de la normativa aplicable a normas de calidad primaria para el aire.

Por otro lado, la misma norma chilena también aplica valores de alerta, preemergencia y emergencia (en ese nivel de prioridad, siendo emergencia el más alto), para llevar a cabo acciones reparativas con mayor rapidez en caso de un peak importante en concentraciones de contaminantes, y no esperar el peor caso posible (nivel de emergencia) para tomar acciones al respecto. Los niveles de emergencia ambiental se muestran en la tabla 4-4 y son elevados considerando los valores recomendados por la OMS. Es preocupante que considerando que la OMS recomiende un máximo de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  horarios de  $\text{NO}_2$ , la zona se declare en alerta cuando estos sobrepasen los  $1130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  horarios.

Según los datos proporcionados en la tabla anterior, los episodios horarios en la zona han ido disminuyendo significativamente al pasar de los años, sobre todo los episodios que llegan a un nivel de alerta, que suele ser de alto impacto para la salud de la población a largo plazo.

En varias ocasiones es el dióxido de azufre el contaminante con mayor incidencia en niveles de alerta o emergencia en la zona, por lo que la norma primaria fue modificada el año 2019, bajando de un límite de 96 ppbv horarios a 57 ppbv. Como se ve en la siguiente figura, los episodios han ido bajando considerablemente, pasando a no tener ninguna emergencia en la zona en los últimos dos años.



**Figura 4-2. Episodios horarios de  $\text{SO}_2$  para la zona.**

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2022.

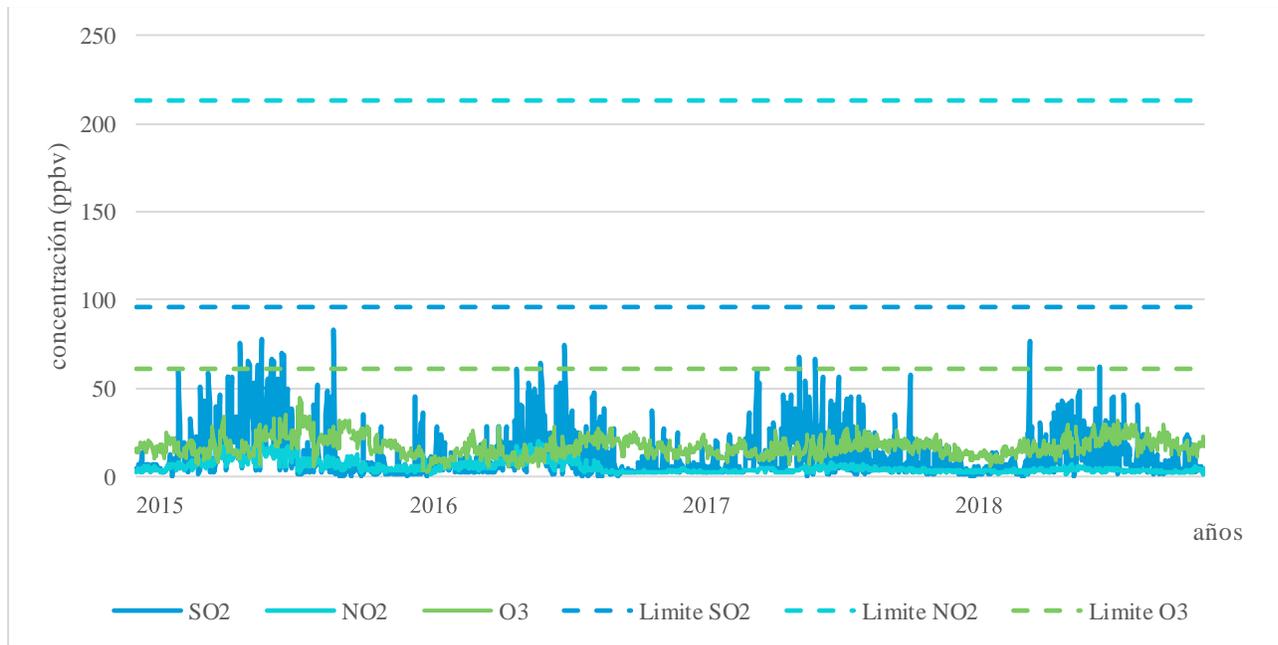
El Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) mantiene una base de datos actualizada con la información horaria, diaria y anual para diversos contaminantes medidos en estaciones de monitoreo a lo largo de todo el país. En el caso de la zona estudiada, se tiene información histórica de más de 10 parámetros por estación de monitoreo, donde el mayor foco está en el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y el ozono, en conjunto a los materiales particulados.

En la siguiente sección, se estudia con mayor profundidad la evolución de los peaks diarios de concentraciones por parámetros en tres estaciones con mayor incidencia de accidentes, y cercanía al complejo industrial, mostrando la diferencia de concentraciones entre años y su comparación con el límite establecido por la norma aplicable. De esta forma, los gráficos presentados, representarán en el eje x los días desde el primero de enero de un año hasta el primero de diciembre de otro año (años van variando, pero siempre es el mismo periodo de tiempo, aproximadamente cuatro años en días), con el fin de medir una misma cantidad de tiempo y siempre los mismos meses. Mientras que el eje y representa las concentraciones (en partículas por billón o microgramos por metro cúbico, según corresponda) de diferentes contaminantes estudiados.

#### **4.3.1 Estación Quinteros**

Esta estación de monitoreo logra medir dióxido de azufre desde el 2008, sin embargo, existe un vacío de información entre diciembre del 2010 y junio del 2012. Así mismo, los valores de nitrógeno (y sus derivados) empezaron a medirse desde el 2014 en adelante, en conjunto al ozono. Las mediciones de monóxido de carbono llegaron más tarde, el 2016. El material particulado también empezó sus mediciones entre 2015 y 2016, por esa razón la comparación entre los niveles de contaminantes se realizó entre los periodos 2015-2018 y 2019-2022, esperando una vista más realista y significativa.

En el gráfico presentado en la figura se muestra la evolución de concentraciones diarias para diferentes contaminantes estudiados en la zona, donde cada barra representa la concentración diaria de este contaminante, durante un periodo de cuatro años aproximadamente, desde el primero de enero del 2015 hasta el primero de diciembre del año 2018. Así mismo las líneas punteadas representan los límites de concentración diaria para contaminantes según las normas de calidad chilenas para cada uno de ellos.



**Figura 4-3. Evolución de contaminantes monitoreados en la estación Quintero, entre los años 2015 y 2018.**

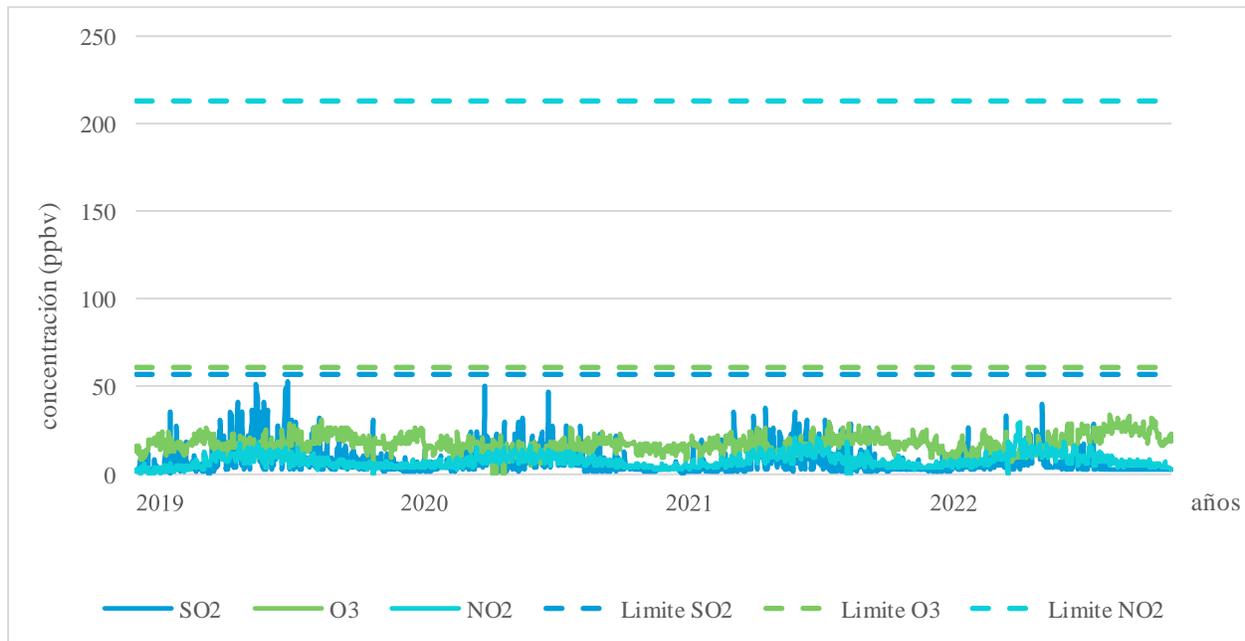
Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

Para este primer periodo podemos observar que si bien nunca se llegó al límite diario de ningún contaminante si hubieron peaks importantes que estuvieron a punto de sobrepasar los niveles recomendados por la norma. En el año 2018, por ejemplo, se confirmó a través de un comunicado que en septiembre, la estación Quintero registró una concentración de dióxido de azufre de  $1.274 \mu\text{g}/\text{nm}^3$  durante cinco minutos. "Este peak fue puntual, con un promedio horario entre las 7:00 y 8:00 de  $509 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , inferior al límite promedio horario establecido en la normativa vigente que es de  $1.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  por hora", indicaron (la Tercera, 2018).

Si se estudiara con más precisión a nivel horario se podría observar si realmente existieron alertas o peaks muy grandes que conllevaron luego a acciones reactivas para controlar la contaminación. Se observa que el dióxido de nitrógeno es el más lejano a llegar a sus límites, mientras que el dióxido de azufre es el más cercano con muchos episodios diarios que hoy en día superarían la norma actual. No se decidió hacer un análisis horario por la cantidad de datos que esto conllevaba y su respectiva visualización no lograría mostrar lo necesario para su mejor entendimiento.

Luego de la modificación a la norma del dióxido de azufre, se observa que las concentraciones de este contaminante estuvieron más cercanas a alcanzar este límite, sobre todo a mediados del año 2019 y 2020. En el caso del año 2019, se sobrepasó la condición de emergencia para la norma de  $\text{SO}_2$  y se cuadruplicó el límite máximo horario permitido por la normativa chilena para este gas, situación que

dejó en evidencia la ineficiencia de las medidas de control y mitigación implementadas por el plan de descontaminación de la zona (Ramírez, 2019).

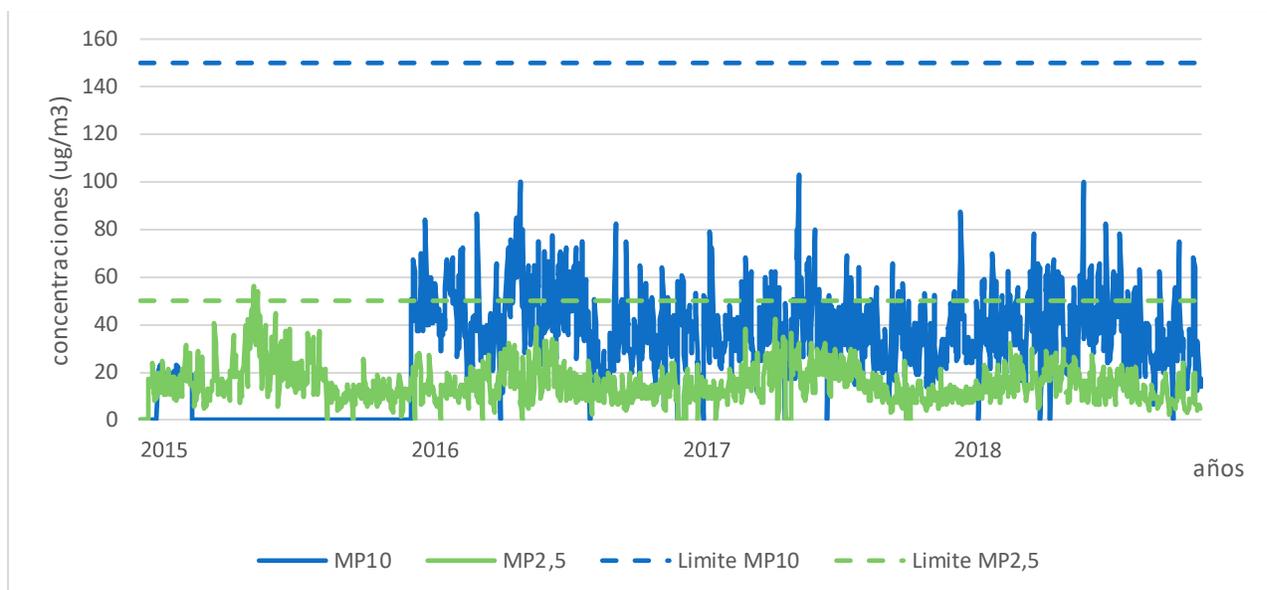


**Figura 4-4. Evolución de contaminantes monitoreados en la estación Quintero, entre los años 2019 y 2022.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

En el caso del monitoreo del material particulado, los gráficos también representan la evolución de este tipo de contaminante (tanto  $MP_{10}$  como  $MP_{2,5}$ ) en la estación estudiada. Cada barra representa la concentración diaria que tuvo este contaminante en la zona y las líneas punteadas los límites para cada uno de estos. Esto se repite durante un periodo de cuatro años aproximadamente también, entre 2015-2018 y 2019-2022.

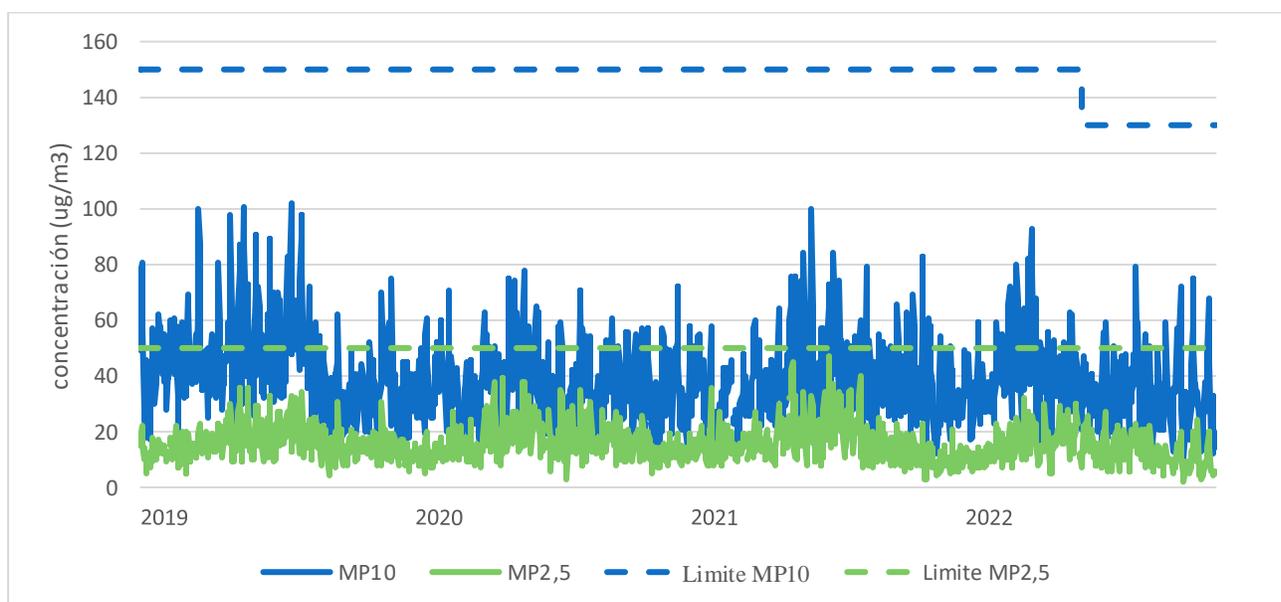
El monitoreo de este contaminante tuvo un vacío de información durante todo lo que fue el año 2015 para el  $MP_{10}$ . Cabe mencionar que durante estos años regía la antigua norma de calidad primaria para el  $MP_{10}$ , donde su límite diario era de  $150 \mu g/m^3$ , diferente a la normativa aplicable al día de hoy donde el máximo corresponde a  $130 \mu g/m^3$ . Sin embargo, para estos años el material particulado 10 no llegó a sus niveles de alerta para ese entonces, diferente a la situación del  $MP_{2,5}$  donde se observa en la figura 4-7 que este tuvo peaks significativos a mediados del año 2015, coincidiendo con la fecha en que las comunas de Quintero, Puchuncaví y Concón fueron declaradas “zona saturada” por la presencia de  $MP_{2,5}$  y otros contaminantes en el aire.



**Figura 4-5. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Quintero, entre 2015 y 2016.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

La evolución de concentraciones de material particulado se puede observar en la figura 4-8 que muestra los niveles de material particulado entre el 2019 y 2022. Durante este periodo se observa que si bien no se llega al límite permitido por norma, las concentraciones no sufren bajas significativas en relación al periodo anterior, dando a entender que no se han hecho esfuerzos relevantes por las empresas para mejorar sus emisiones de material particulado.



**Figura 4-6. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Quintero, entre 2019 y 2022.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

### 4.3.2 Estación La Greda

En el caso de la estación La Greda, este es uno de los lugares más afectados por contaminaciones pertenecientes a las industrias, y ha sido una zona icono de las consecuencias de estas, siendo foco de estudios y reportajes, recordando aquel incidente de la Escuela La Greda en 2011. En relación a la concentración de contaminantes que existe en la zona, estos no son tan elevados en comparación al resto de las estaciones (ver anexo E), sin embargo, las concentraciones de material particulado en la zona si son considerablemente altas.

Al igual que en los gráficos anteriores, se presenta la evolución en un periodo de cuatro años de la concentración diaria de contaminantes para la estación estudiada, donde cada línea representa el límite de concentración diaria según las normas de calidad del aire chilenas.

Para el primer periodo, desde 2015 a 2018, existen peaks importantes de  $MP_{10}$  (a finales de 2017) y de  $MP_{2,5}$  (a mediados del 2018). En el primero, casi se sobrepasa a la norma de ese tiempo, y sobrepasaría claramente la norma actual. Mientras que para el peak de  $MP_{2,5}$  se observa que si sobrepasa el nivel de alerta para la zona.

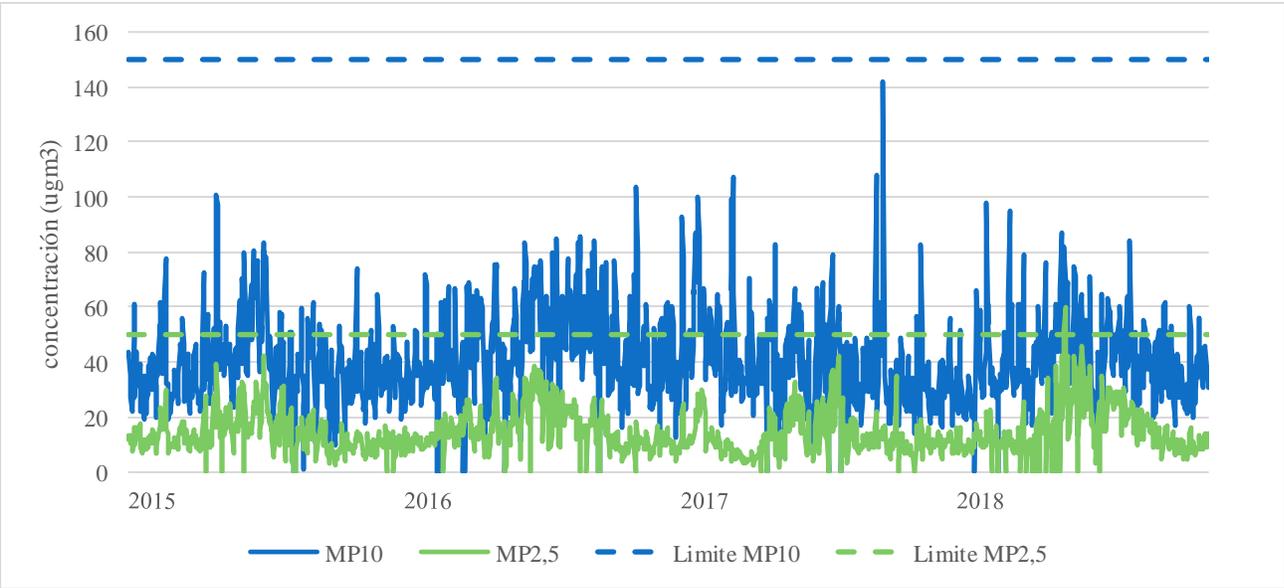
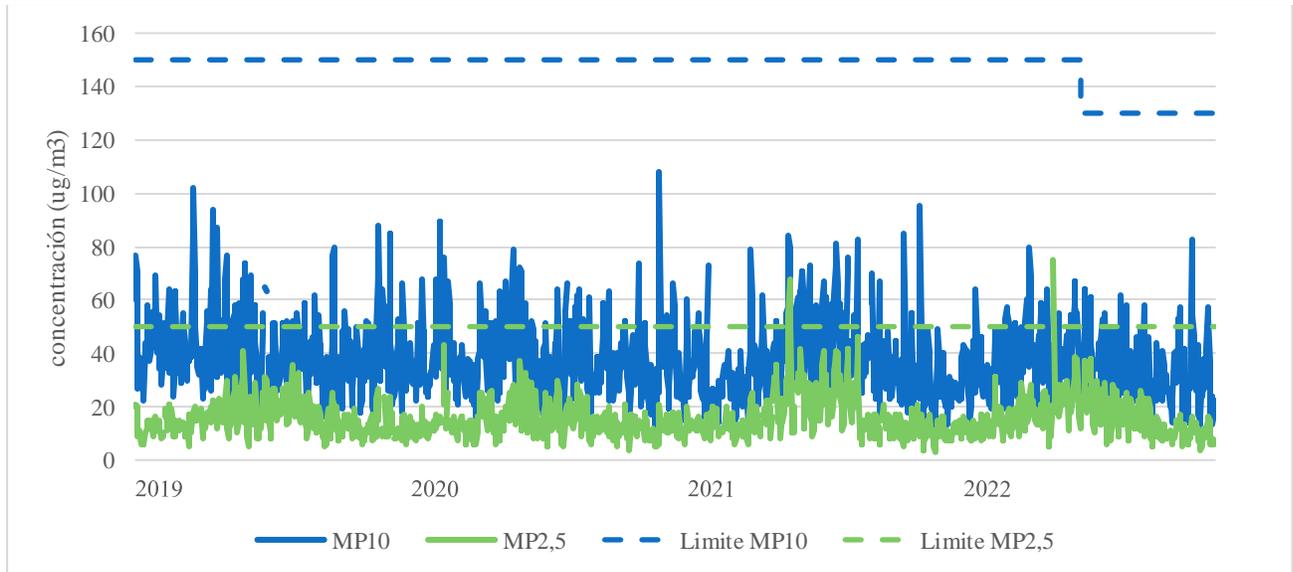


Figura 4-7. Evolución de material particulado monitoreado en la estación La Greda, entre 2015 y 2018.

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.



**Figura 4-8. Evolución de material particulado monitoreado en la estación La Greda, entre 2019 y 2022.**

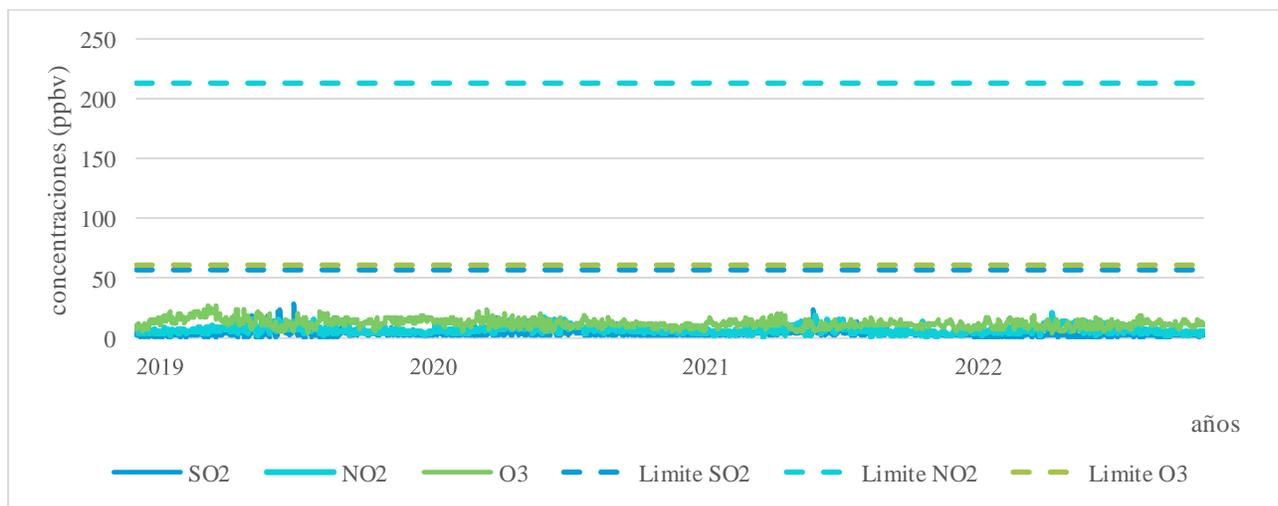
Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

Es importante aclarar que el Ministerio de Medio Ambiente ingresó el viernes 28 de diciembre de 2018 a la Contraloría General de la República el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, cuyas principales aristas contemplaban el control de emisiones de contaminantes en calderas industriales y empresas pertenecientes al cordón industrial. Si el plan se puso en marcha a principios del 2019, esto significaría cambios en la concentración de contaminantes para los siguientes años, algo que no se observa en la figura 4-10, donde se analiza el MP en la zona entre 2019 y 2022.

En la figura 4-10 podemos observar que, si bien el  $MP_{10}$  se mantiene dentro de sus niveles, el  $MP_{2,5}$  claramente tiene varios peaks dentro de los últimos dos años, donde el PPDA ya debería estar funcionando con mayor normalidad, y las empresas acatando a sus niveles máximos de emisión para este contaminante. Sin embargo, el problema de esta condición es que se les exige a las industrias una cantidad máxima de toneladas de contaminante emitidas anualmente, que suele ser la suma de las cantidades emitidas durante todo el año. El problema de esto es que claramente la empresa puede mantener bajas emisiones durante mucho tiempo, pero tener varios peaks fuera de los niveles recomendados (emisiones altas), y al hacer el cálculo total no es posible observar que esta empresa en efecto, mantuvo sus emisiones sobre la norma aplicable en periodos cortos.

### 4.3.3 Estación Ventanas

A pesar de ser una zona muy cercana al complejo industrial, y ser una estación importante para el monitoreo de este, la estación ventanas se ha visto controlada durante el último periodo, algo que se puede observar en la figura 4-11, donde las concentraciones de contaminantes se pueden ver alejadas de sus respectivos límites y con una evolución relativamente lineal a través del tiempo. En años anteriores, estas concentraciones diarias tampoco solían ser muy significativas (ver anexo F), a diferencia del material particulado que sí mantenía desconformidades en sus concentraciones con respecto a la normativa aplicable.



**Figura 4-9. Evolución de contaminantes monitoreado en la estación Ventanas, entre 2019 y 2022.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

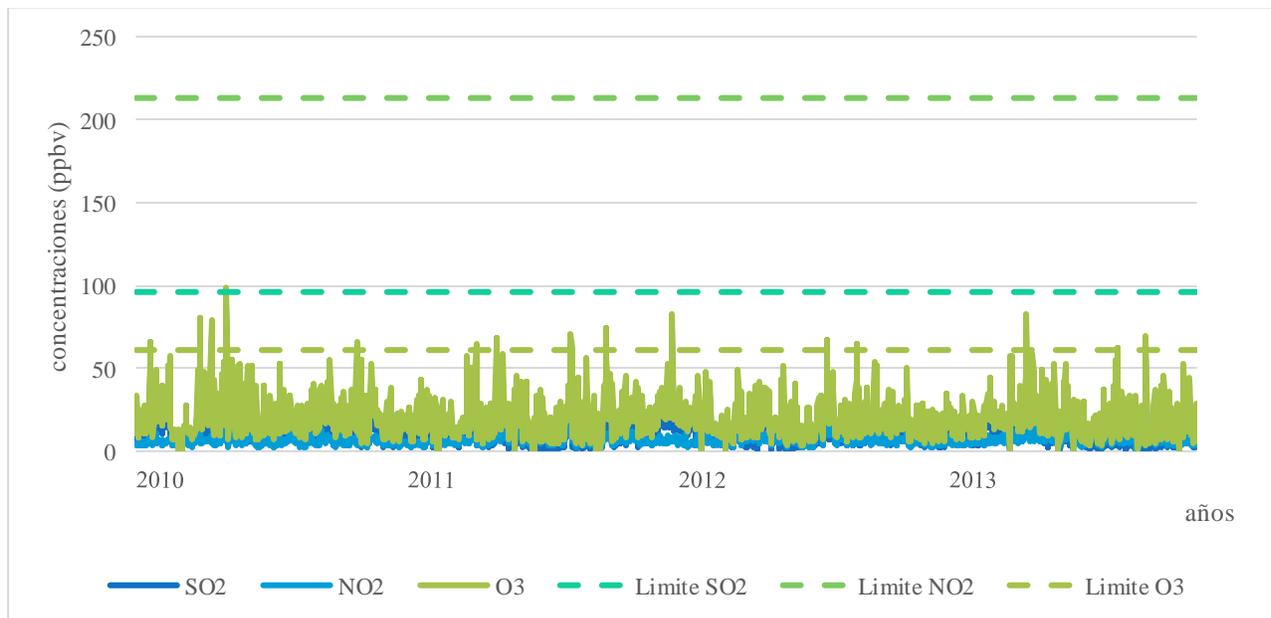
En el caso del material particulado en la zona, este sí tiene altos importantes en sus concentraciones diarias, tanto de  $MP_{10}$  como  $MP_{2,5}$ , estos contaminantes muestran alertas diarias desde el 2015 hasta principios del año 2018 (ver anexo F). Podemos notar que todos los años (en ambos periodos de las figuras mostradas) existe al menos un peak relevante diario con respecto al nivel máximo diario permitido.

Claramente estas alzas de  $MP_{10}$  diarias para la estación no pararon después del 2018, y es que en los años siguientes los peaks continuaron, y sólo “disminuyeron” cuando la norma fue cambiada en junio del 2022. Si la norma hubiese sido cambiada antes, claramente estas alzas hubiesen estado por arriba de la norma aplicable actual, en consecuencia, esto afectó a largo plazo la salud de la población que estuvo en contacto este aire contaminado durante estos periodos de tiempo.

A pesar de que la zona se declaró saturada en MP2,5 desde el 2015, estas alzas de MP10 tanto en esta estación como en otras que monitorean el complejo, aún no logran hacer que las autoridades puedan declarar esta zona saturada por este material particulado también, a pesar de que sus concentraciones están por sobre los niveles recomendados tanto por el gobierno como por la OMS.

#### 4.3.4 Estación Los Maitenes

Esta estación se encuentra en una zona más cercana a la población y por tanto es estudiada para saber cómo está la situación dentro de la comunidad. En esta ocasión, se decidió estudiar un periodo de tiempo más lejano al actual, desde enero de 2010 a diciembre del 2013 donde se observa que la concentración de ozono para esos años se mantuvo por sobre los niveles recomendados en más de una ocasión (ver figura 4-15), siendo un periodo de aproximadamente cuatro años con consecuencias importantes en la salud de la población. La Organización Mundial de la Salud ha establecido que cuando la concentración de ozono en el aire que se respira es superior a los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (50 ppbv) y ésta se mantiene durante más de ocho horas, existe un claro riesgo para la salud: reduce considerablemente la función pulmonar, inflama las vías respiratorias y exacerba el asma, además de favorecer las infecciones respiratorias.

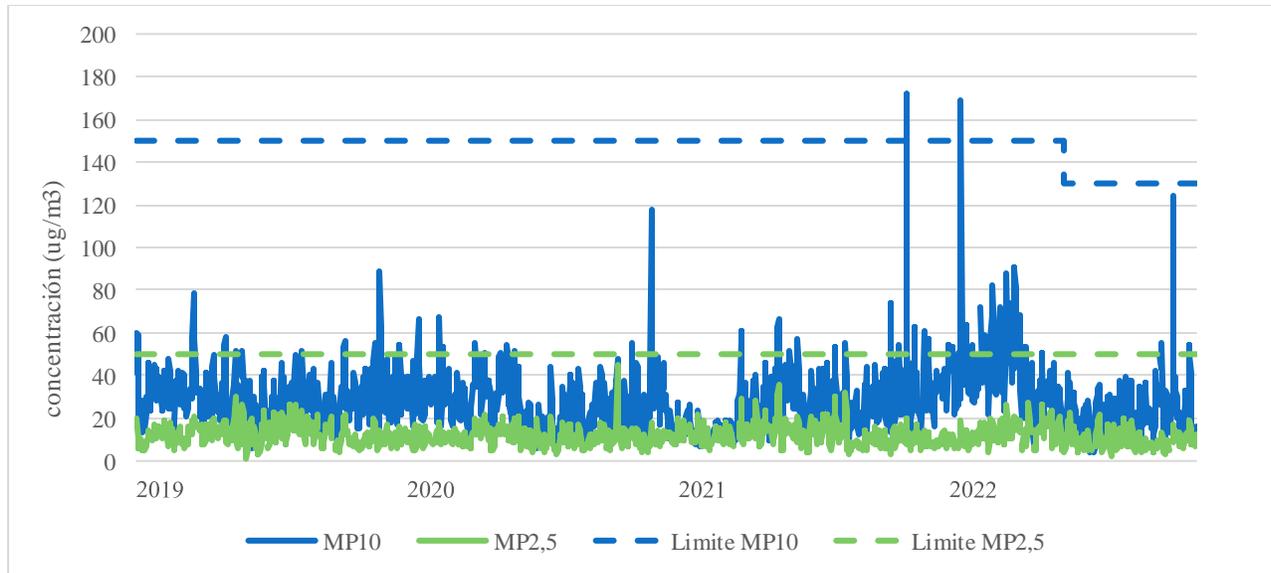


**Figura 4-10. Evolución de contaminantes monitoreado en la estación Los Maitenes, entre 2015 y 2018.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

Si bien se observa que durante este periodo de tiempo las concentraciones de ozono diarias fueron preocupantes, no se encontró ningún estudio ni noticia relacionada a este hecho en la estación

Maitenes para esos años, lo que solamente demuestra el poco interés y preocupación por parte de las autoridades para este tipo de eventualidades. Sin embargo, también se estudió un periodo más reciente (ver Anexo H) y la evolución ha sido significativa y positiva.



**Figura 4-11. Evolución de material particulado monitoreado en la estación Los Maitenes, entre 2019 y 2022.**

Fuente: Elaboración propia mediante datos recopilados del SINCA.

Sin embargo, no se puede llegar a la misma conclusión con respecto al material particulado, puesto que, al analizar el estado de estos contaminantes para los últimos cuatro años, podemos observar claramente que si bien el límite diario de  $MP_{2,5}$  ha sido respetado, la evolución de concentraciones para  $MP_{10}$  ha tenido alzas importantes y claras en el gráfico anterior, que con el tiempo llegarán a declarar la zona como saturada de este contaminante, cuando probablemente ya sea demasiado tarde y la población ya esté afectada por estos largos periodos de tiempo contaminantes.

El gobierno actual comunicó que tiene diversos compromisos con la comunidad de la región afectada, y por tanto propondrá nuevas acciones a tomar para mejorar el plan de recuperación de la zona. Estas medidas implicarán una paralización parcial o completa de industrias involucradas en posibles aumentos de contaminantes que signifiquen en una alerta sanitaria para la población. Así mismo, existirá un ajuste a los planes operacionales de las empresas del complejo y ajuste a una actualización en las normas de emisión para termoeléctricas y fundiciones (Gobierno de Chile, 2022).

#### **4.4 Gestión ambiental internacional**

El concepto de zona de sacrificio está presente en la sociedad hace años, y es que Chile no es el único país que ha puesto a su población a merced de grandes industrias con tal de tener un beneficio económico. Esto ha sucedido en otras partes del mundo, donde los países deben ir ajustándose a crear nuevas medidas de gestión ambiental, con el fin de ayudar tanto a la población como al medio ambiente que sufre las consecuencias de estas zonas de sacrificio. En Estados Unidos, por ejemplo, existen diversos mecanismos de justicia ambiental a favor de las comunidades afectadas, en términos preventivos y reparadores, donde las exigencias se rigen a las agencias federales con el fin de abordar los impactos en la salud humana, el medio ambiente, el clima y otros impactos acumulativos en comunidades desfavorecidas (Weidenslauffer, 2022).

Mientras algunos países como Estados Unidos tienen regulaciones y controles estrictos para sus zonas contaminadas por industrias, también hay que considerar que hay varios países que no han tenido que llegar a las instancias de clasificar un área como zona de sacrificio, esto debido a que sus medidas de mitigación y control suelen ser más estrictas y/o efectivas en zonas industriales, además de existir una cultura cívica de respeto por el medio ambiente y la población aledaña a esta. A partir de esto, a continuación, se explica la situación a nivel internacional, haciendo énfasis en algunos países que tienen medidas eficientes y otros que dejan mucho que desear con lo respecta a una gestión ambiental responsable.

##### **4.4.1 Europa**

En el caso de Europa, la contaminación atmosférica, especialmente en las zonas urbanas, es un problema de salud pública, ya que el aire limpio es vital para la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos en Europa. Cada año este tipo de contaminación causa alrededor de 400.000 muertes prematuras en la UE (Unión Europea) y genera cientos de miles de millones de euros en costos externos relacionados con la salud. Las personas que viven en las zonas urbanas están especialmente expuestas. Las partículas, el dióxido de nitrógeno y el ozono son los contaminantes atmosféricos responsables de la mayoría de estas muertes precoces (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018).

La política de la UE (Unión Europea) en materia de contaminación atmosférica sigue un enfoque de doble vía: estableciendo límites legales para las concentraciones de contaminantes atmosféricos y estableciendo acuerdos y normas para reducir las emisiones en la fuente, es decir, los compromisos nacionales de reducción de emisiones (emisiones totales) y las grandes industrias responsables de

ciertas emisiones (fuentes). El número y las características de las medidas aplicadas varían de una ciudad a otra; sin embargo, en la mayoría de las ciudades más del 50 % de las medidas están relacionadas con el tráfico y la movilidad urbana (European Environment Agency, 2019).

En general, las medidas de la UE para proteger la salud humana de la contaminación atmosférica no han tenido los efectos esperados. El costo humano y económico todavía no se ha traducido en medidas adecuadas en toda la zona. Otro punto importante es que las normas de calidad del aire se establecieron hace casi veinte años, por tanto, no están actualizadas y algunas de ellas son mucho menos estrictas que las directrices de la OMS y el nivel que sugieren los últimos datos científicos sobre los efectos en la salud humana (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018).

Las medidas industriales comunes se centraron en mejoras tecnológicas (por ejemplo, tecnología mejorada de reducción), cambios en los combustibles (por ejemplo, garantizar el cumplimiento de las nuevas normas de bajo contenido de azufre para los combustibles de transporte marítimo en las zonas portuarias y medidas para reducir las emisiones difusivas de polvo en los puertos) y el traslado de fábricas y emplazamientos industriales fuera de la zona urbana. Las medidas adoptadas en los sectores comercial y residencial se centraron en el uso eficiente de la energía (aislamiento de edificios y creación de calefacción urbana) y en el uso de combustibles respetuosos con el medio ambiente para la calefacción (por ejemplo, la prohibición del uso de carbón bituminoso). El sector agrícola no fue mencionado por las ciudades, a excepción de Milán en 2013, como un importante contribuyente a la contaminación del aire en términos de  $MP_{10}$ . Todas las ciudades implementaron o planearon implementar campañas de comunicación y estrategias de sensibilización. También identificaron desafíos económicos y administrativos (competencias) durante la implementación de medidas, así como la oposición pública/política.

#### **4.4.2 Norteamérica**

En Estados Unidos, existe la Agencia de Protección Ambiental (EPA), que es la encargada de proteger la salud de los seres humanos, el medio ambiente y los recursos naturales. Previene y controla la contaminación del aire y el agua mediante el desarrollo de estándares para la calidad del aire y las emisiones de automóviles, programas para asegurar la limpieza del agua e información sobre la salud ambiental (USA GOV, 2015).

En particular, la normativa de este país ha ido paulatinamente regulando a nivel federal (normas administrativas) como estadual (legislación) medidas y mecanismos de justicia ambiental en favor de las comunidades afectadas en zonas de sacrificio.

En Estados Unidos, a las zonas de sacrificio se les denomina como una “comunidad sobrecargada” donde sus habitantes pertenecen a un tramo censal donde el ingreso familiar promedio no supera el 75% del ingreso familiar promedio en todo el estado, además de ser un área geográfica donde las personas están expuestas a contaminantes ambientales, lo que puede resultar en resultados o efectos adversos significativos para la salud (Weidenslaufer, 2022).

Cabe mencionar que cada estado regula por sí mismo las medidas de gestión ambiental más convenientes con su ambiente, y define los planes de regulación a ejecutar en la comunidad. Un ejemplo de esto ocurre en el estado de Washington, donde actualmente se está implementando la "Iniciativa para mejorar la calidad del aire en comunidades sobrecargadas", un nuevo esfuerzo para reducir la contaminación del aire en las comunidades de Washington altamente afectadas por esta contaminación. Esta iniciativa se centra principalmente en identificar qué comunidades de la zona están sobrecargadas por la contaminación del aire y las fuentes respectivas significativas de esta, complementando con ampliar y mejorar la red de monitoreo de la calidad del aire de Washington, desarrollar estrategias para reducir los contaminantes atmosféricos y realizar análisis periódicos para asegurarse de que se cumplan los objetivos de reducción de la contaminación del aire (Department of Ecology of Washington, 2022).

Por otro lado, en Canadá, existe la Ley de Gestión Ambiental (Environmental Management Act, EMA) y el Reglamento de Sitios Contaminados (Contaminated Sites Regulation, CSR), los cuales proporcionan el marco jurídico para determinar quién es responsable de la remediación de los sitios contaminados. Al aplicar el principio de “quien contamina paga”, el gobierno provincial reclama pagos para el saneamiento de un sitio contaminado a quienes sean responsables, que pueden ser los propietarios y operadores actuales y pasados de una propiedad, los acreedores o las personas que produjeron o transportaron las sustancias que causaron la contaminación del lugar en cuestión (Weidenslaufer, 2022). El reglamento de sitios contaminados entró en vigor en julio del año 2013, y sus protocolos ministeriales aclaran los procedimientos a realizar alrededor de aquellos sitios contaminados, asegurando que las limpiezas sean consistentes en toda la zona.

En Canadá, cada nivel de gobierno tiene poderes para proteger el medio ambiente. Esta naturaleza compartida de jurisdicción ambiental hace que la estrecha cooperación entre los gobiernos federal, provincial, territorial y aborígen sean importantes para el bienestar ambiental del país (Government of Canada, 2019).

Dentro del gobierno federal, la Ley de Protección del Medio Ambiente de Canadá de 1999 (CEPA 1999) es el elemento principal del marco legislativo para proteger el medio ambiente y la salud humana canadienses. En conjunto a esta ley principal se complementan otras medidas adoptadas y diversas leyes que protegen las aguas del país, como por ejemplo, La Ley de Pesca, que incluye disposiciones para prevenir la contaminación de las aguas habitadas por peces y también logra gestionar los recursos hídricos y su calidad ambiental (Government of Canada, 2019).

Con respecto a la protección ambiental del aire, desde el año 2016 Canadá cuenta con el Reglamento Multisectorial de Contaminantes del Aire, considerado como una de las primeras normas nacionales obligatoria de emisiones de contaminantes atmosféricos para instalaciones industriales. Hoy en día ese reglamento continúa en actualización, trabajando con provincias, territorios y partes interesadas para establecer estándares canadienses de calidad del aire más estrictos. Los parámetros establecidos para los contaminantes son revisados cada 5 años aproximadamente y cada vez van reduciendo las emisiones de contaminantes del aire con el fin de proteger aún más la salud humana y el medio ambiente para los canadienses (Government of Canada, 2022). Estos estándares canadienses de calidad del aire ambiente (CAAQS) existen principalmente para  $MP_{2,5}$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $NO_2$ , y son presentados en el anexo I, en comparación a los parámetros estadounidenses.

Es importante reconocer que Canadá es un país preventivo y no reactivo en cuanto a lo que respecta el control del medio ambiente, por tanto, existen muchas leyes y decretos con relación a proteger su flora y fauna de la acción del hombre, algo que ayuda a que no existan zonas de sacrificio en el país.

#### **4.4.3 Sudamérica**

En Latinoamérica, la situación es un poco más compleja. Esto dado que los países con un sistema federal son pocos (como es el caso de Argentina, Venezuela y Brasil) y por tanto es el gobierno y diversos ministerios que tienen que marcar las leyes para todo el país, como también garantizar el cumplimiento de estas en materia medioambiental. En estudios recientes, se reconoció la presencia de diversas deficiencias e inconvenientes en la gestión ambiental de los países dada la ausencia de planes y políticas ambientales efectivas, falta de conocimientos y preparación de las autoridades y servidores

públicos locales, falta de acciones y medidas estratégicas que permitan asegurar el cuidado y reducción de daño medioambiental, ausencia de participación de los pobladores, entre otras (Lozano Gómez & Barbarán Mozo, 2021).

En razón a esto, se analizaron las políticas ambientales de varios países, como el caso de Colombia, un país que está profundamente inmerso en mejorar la calidad del aire de la zona, y por tanto genera diversas regulaciones y protocolos a seguir por las instituciones internas del país. Colombia establece un Plan Institucional de Gestión Ambiental, que es actualizado cada cuatro años y contempla la formulación e implementación de cinco programas ambientales correspondientes al uso del agua, uso de energía, generación de residuos sólidos (convencionales y peligrosos), consumo sostenible, y prácticas sostenibles. Estos programas, definen los diferentes lineamientos en materia de gestión ambiental para los siguientes cuatro años (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2022).

En Brasil, por ejemplo, las políticas ambientales se dividen en diversas agendas con fines específicos. Se tienen programas para controlar y garantizar la preservación de sus recursos naturales, como el Programa Cerrado Sostenible encargado de conservar el uso sostenible del cerrado, un bioma importante para el balance hídrico de Brasil, como también existe el Programa Agua Dulce, una política que garantiza el acceso a agua de calidad y desarrolla proyectos de desalinización en zonas con baja disponibilidad de agua potable (França Silva et al., 2022).

En relación a las normativas de calidad de aire de estos países latinoamericanos, muchos de ellos no cuentan con una normativa aplicable, como es el caso de Honduras, Haití, Cuba, Paraguay, Guatemala y Uruguay. Mientras que otros países como Brasil, Costa Rica, Nicaragua y Venezuela no cuentan con un estándar para emisiones de material particulado fino. Un estudio reciente sobre comparación a legislaciones de estándares de calidad del aire en el mundo, aseguró que: “En relación con las emisiones de material particulado fino, Chile y Colombia ostentan las normas de emisión diarias más restrictivas para  $MP_{2,5}$  sólo superadas por Puerto Rico. La norma anual de Chile, sin embargo, es la segunda menos restrictiva de los 12 países latinoamericanos considerados en el estudio. La norma para emisiones diarias de  $MP_{10}$ , por otra parte, encuentra a 12 de los 14 países considerados, con un índice de  $150 \mu g/m^3$ . Los dos restantes -México y Colombia- establecen un valor de 120 y 100

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. La norma de emisiones anuales es la misma para todos los países considerados (no se consideran ciudades), con un valor de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Torres Muñoz, 2021)”.

Si bien estos países tienen planes y políticas reguladoras de actividades y proyectos a desenvolverse en un contexto local, lo que más hace falta en estos países es la integración de sus comunidades diversas para poder medir la efectividad de sus medidas de gestión ambiental. La falta de este factor muchas veces recae en la carencia de aptitudes en las autoridades y personal gubernamental, donde se dificulta un seguimiento efectivo de los mismos. Por otro lado, la ausencia de implementación de medidas estratégicas que contribuyan con el cuidado o reduzcan el daño hacia el medioambiente (esto integrando a la comunidad afectada, informándola al respecto), puesto que ello dificulta que se pueda tomar conciencia sobre el impacto negativo que ocasiona la ejecución de una determinada actividad o proyecto, así mismo el bajo nivel de promoción de la participación activa de los pobladores, pues la falta de conocimiento respecto a la percepción de los pobladores sobre los problemas ambientales dificulta que apliquen medidas pertinentes frente a los mismos y estas puedan llevarse de manera efectiva.

## **5 Propuesta**

### **5.1 Nuevas medidas de gestión ambiental para la zona**

A partir de lo expuesto anteriormente, se presentan diversas propuestas de nuevas medidas ambientales regulatorias que podrían ser una solución viable tanto para el caso de la zona de sacrificio estudiada como para otras zonas industriales. Así esta investigación espera entregar directrices que permitan apoyar a futuras tomas de decisiones a la hora de revisar nuevas normas ambientales para la bahía Quintero-Puchuncaví, esperando que eventualmente deje de denominarse una zona de sacrificio.

#### **5.1.1 Actualización de normas primarias de calidad del aire.**

Como se mostró en el capítulo anterior, es necesario una re-evaluación de las normas actuales para la calidad del aire. La ley 19.300, base general sobre todas las leyes del medio ambiente, informa que “Toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cuatro años, aplicando el mismo procedimiento antes señalado (Ministerio Secretaria General de la Presidencia, 1994)”. Sin embargo, dentro de la revisión de las 7 normas primarias de calidad del aire más importantes y actualmente vigentes, 6 de ellas no se encuentran al día, siendo la norma para  $MP_{10}$  la única actualizada (2022). Mientras las demás presentan algún tipo de retraso o exceden los plazos establecidos por la ley para su dictación, algunas de ellas no presentan ninguna actualización

desde la década del 2000, como lo son las normas de calidad para el ozono, monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno. El año 2010 se empezó la revisión de estas normas, y 9 años después se decidió que para el ozono y el monóxido no existieran cambios, mientras que la norma para el dióxido de azufre si se cambiara y para el dióxido de nitrógeno se volviera a revisar para modificarse. Sin embargo, este último proceso empezó el 2019 y hasta el día de hoy no hay mayores señales de avances (Ministerio del Medio Ambiente, 2019b).

Para Hernán Ramírez, investigador asociado a Fundación Terram: “La no dictación a tiempo de una norma ambiental o el retraso de su revisión, junto con ser una falta a la normativa vigente, significa seguir exponiendo a los habitantes de las llamadas zonas de sacrificio a niveles de contaminantes peligrosos para la salud y la vida (Fundación Terram, 2022b)”.

Si bien se podría exigir que la ley se respetara, la verdad es que no es algo que funcione tan rápidamente y no pareciera ser algo que el ministerio ve con urgencia, puesto que con respecto a los procesos de actualización de otras normas, la Fundación explica que: “El avance en actualización se logró solo tras la presentación de recursos administrativos y jurídicos por parte de Fundación Terram en contra del Ministerio del Medio Ambiente por retrasos en el inicio de los procesos de revisión y actualización. No obstante, en ambos procesos aún no han existido avances en la elaboración de los respectivos anteproyectos (Fundación Terram, 2022b)”.

Por lo tanto, se hace indispensable que exista un proyecto o ley que mejore el cumplimiento de actualización a estas normas, en conjunto a un comité designado que pueda estar a cargo de las necesidades que tienen estas normas. Incluso, se propone actuar como otros países que, si bien no actualizan sus leyes cada cuatro años, si en una primera instancia dejan inmediatamente pactados los valores a los que deberían bajar estos parámetros, en un plazo de 5 años, como es el caso de Canadá. En este caso, la norma desde un principio incluye que en un plazo determinado de años esta norma debería descender a un valor, y cuando llegue el momento esto simplemente se revisa y se aprueba. Sin embargo, para esto es necesario mantener un comité encargado que pueda cumplir esta función dentro del Ministerio del Medio Ambiente.

### 5.1.2 Norma primaria de calidad ambiental de arsénico.

Anteriormente se ha dado a conocer distintos estudios que hacen énfasis en la presencia de arsénico inorgánico en la sangre de la comunidad, como producto de su exposición involuntaria al contaminante. En el año 2015, un estudio advirtió que todas las estaciones de monitoreo del sector superaban ampliamente el máximo de arsénico recomendado por la OMS ( $6 \text{ ng/m}^3$ ). En el caso de La Greda, 23 veces sobre la norma.

Actualmente no existe una norma de calidad primaria de arsénico en Chile, a pesar de que las mediciones de arsénico en Puchuncaví y Quintero superan en varias veces el máximo recomendado por la OMS. Si existen normas de emisión, normas que permiten liberar arsénico hacia la atmósfera en cierta cantidad, y están dirigidas específicamente a fundiciones. En el caso de la fundición de cobre, permite, anualmente, 48 toneladas de arsénico, que Codelco cumplía antes del cierre (Comisión Especial Investigadora, 2018).

Durante los últimos años a nivel internacional se ha estudiado con profundidad los efectos del arsénico inorgánico en la salud de las personas expuestas a este contaminante, evidenciando que no es normal ni tampoco debería dejar de regularse su uso y manejo en industrias. En el anexo J, se muestran los principales efectos del arsénico en diversos trabajadores, como también la concentración recomendada para evitar este tipo de incidentes.

La misma comisión europea tomó las consideraciones anteriores, para concluir que, dadas las concentraciones actuales de arsénico en el aire ambiente en Europa, parece apropiado un valor límite cercano al rango de  $4\text{-}13 \text{ ng/m}^3$  como media anual para el arsénico en el aire. La industria, por otra parte, opina que un valor límite de  $50 \text{ ng/m}^3$  podría proporcionar una protección suficiente con respecto a los criterios de valoración cancerosos y no cancerosos (European Commission, 2001).

Dados los fuertes efectos del arsénico en la salud de la población, es necesario al menos seguir recomendaciones ya presentes en la sociedad internacionalmente, tal como se muestra en la tabla 5-1, con las recomendaciones adoptadas en Estados Unidos para este contaminante, en donde no existe una normativa aplicable para el contaminante, sin embargo, si hay varios organismos que extienden sus propias recomendaciones para este.

Tabla 5-1. Normas y regulaciones para el arsénico inorgánico.

| Organismo                                                                  | Énfasis                 | Nivel                       | Comentarios                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales          | Aire – lugar de trabajo | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Concentración en un tiempo promedio ponderado, para una jornada laboral normal de 8 horas, o una semana laboral de 40 horas. |
| Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional EE. UU (NIOSH) | Aire – lugar de trabajo | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | Advertencia; límite tope de 15 minutos                                                                                       |
| Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU (OSHA)           | Aire – ambiente         | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Norma; límite de exposición permisible en una jornada laboral de 8 horas                                                     |
| Agencia de Protección del Medioambiente de EE. UU (EPA)                    | Aire – ambiente         | NA                          | NA                                                                                                                           |
|                                                                            | Agua – agua de bebida   | 10 ppbv                     | Norma; nivel máximo de contaminante en los suministros públicos de agua potable                                              |
| Administración de Alimentos y Drogas de EE. UU. (FDA)                      | Alimentos               | 0.5–2 ppm                   | Norma; aplicable a los animales tratados con medicamentos veterinarios                                                       |

Fuente: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2010.

La tabla anterior puede ser usada como referencia para poder establecer límites en la norma a redactar. La UE si bien no tiene una normativa aplicable con respecto a este contaminante, si existen medidas y directrices con respecto a establecer métodos y criterios comunes de evaluación de las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos en el

aire ambiente, así como de los depósitos de estos también (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2004). Estas medidas incluyen una evaluación de los índices de depósito y las concentraciones en el aire ambiente, transmisión de información y presentación de informes a un comité regulador que deberá mantener esta información pública. Además, establece el valor objetivo para el arsénico en  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tomando en consideración este valor, se podría establecer en el país una norma cuyo valor objetivo considere el nivel de riesgo mínimo posible exposición a este producto químico en particular, con el requisito adicional de que la exposición de todas las vías debe ser tan baja como sea razonablemente posible. Para esto es relevante considerar estudios y pruebas claras de potencial carcinogénico y genotóxico para el arsénico inorgánico (algunos que ya existen, pero debería hacerse vía gubernamental) de modo que sea posible establecer una dosis índice que luego vaya descendiendo gradualmente hasta llegar a un valor de riesgo mínimo.

En relación a las directrices de la OMS, esta también habla sobre la presencia del arsénico en las aguas, y da recomendaciones al respecto, considerando que el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua de bebida es de  $10 \mu\text{g}/\text{litro}$ . Sin embargo, de ser posible este valor podría ser más bajo, con la indicación de mantener las concentraciones lo más bajas que sea razonablemente posible y por debajo del valor de referencia cuando se disponga de recursos (OMS, 2022).

La Organización expresa que millones de personas de todo el mundo están expuestas al arsénico en concentraciones muy superiores al valor de referencia ( $100 \mu\text{g}/\text{l}$  o más), por lo que la prioridad de salud pública debe ser reducir la exposición de estas personas (OMS, 2022).

Finalmente, y a partir de las recomendaciones y guías presentadas internacionalmente para este contaminante, es necesario también recalcar se debe seguir una estrategia general para reducir progresivamente los riesgos (que puede ser una ley, en sus primeros pasos para luego derivarse a normas mejoradas), teniendo en cuenta las circunstancias locales y los recursos disponibles del país.

### **5.1.3 Normas primarias y secundarias sobre la calidad de los suelos y de aguas.**

En paralelo a la recomendación anterior, es de gran relevancia que también se regule la calidad de los suelos y aguas, no sólo en zonas de sacrificio, si no a nivel país. Para esto solo normas primarias y secundarias sobre esta materia podrían lograr ser eficaces con un respectivo seguimiento y

regulaciones paralelas que puedan dar abasto con la fauna del país, y su mantenimiento. Es necesaria una normativa que se focalice en la protección, recuperación, remediación, uso y producción del suelo. No solo por sus implicancias en la salud de la población, sino también por el impacto económico que su degradación causa en la producción de alimentos y cultivos.

Para la zona de sacrificio, es necesario establecer planes de descontaminación orientados no sólo a la calidad del aire, sino que también a la calidad de los suelos y aguas, en virtud de las distintas actividades que deben desplegarse para efectos de atenuar los daños ambientales que ya se han verificado, según consideraciones técnicas que armonicen las actividades de las industrias con la calidad de vida de las personas.

En comparación con la contaminación del aire y el agua, la contaminación del suelo es difícil de observar y se acumula con el tiempo. Una vez que se hacen los daños, la restauración de la ecología y el medio ambiente es difícil de lograr. Por lo tanto, la prevención es imprescindible para la protección del medio ambiente del suelo.

La directora de la ONG Suelo Sustentable, explicó en una entrevista que “El problema es que sin normativa es difícil calificar a un terreno como contaminado si no hay un parámetro máximo o mínimo de metales, y otros elementos a los cuales recurrir. Se puede usar de referencia legislación internacional, pero el suelo chileno es abundante en minerales de forma natural. No podemos solo copiar, debiéramos tener legislación acorde a nuestra realidad” (País Circular, 2019).

El año 2011 una firma alemana realizó un estudio con el objetivo de preparar antecedentes para la elaboración de una norma de calidad primaria de suelos para el MMA. En este se analizaron las normas sobre suelos del país, identificando principalmente seis leyes. Este mismo estudio compartió que en México existían al menos 18 normas para contaminantes que afectaban los suelos, algo que dejaba muy abajo a nuestro país en esta materia. A partir de esto se propuso reglamentar diversos contaminantes presentes ya en los suelos chilenos, sin embargo, desde entonces no se han visto mayores avances en una elaboración de ley de suelos, ni tampoco una metodología estandarizada para el análisis de suelo de país. Esta última parte es muy relevante para el levantamiento de información respecto de la caracterización de los suelos y su línea base (País Circular, 2019).

En paralelo a esta recomendación, considerando el tiempo y los recursos necesarios para poder establecer normas, y como medida a corto plazo se propone establecer una ley de contaminación de

suelos y aguas que realmente sea efectiva, como es el caso de China, que tiene” La Ley de Prevención de la Contaminación del Suelo” estableciendo la prevención, protección y la administración matizada basada en categorías (Wang, 2019). Esta ley va bajo la propuesta de "quién contamina, paga" y aboga por la participación pública; algo muy importante en estas regulaciones. Esta ley llenó la legislación en blanco de prevención y control de la contaminación del suelo, por lo que es una recomendación viable y realista al panorama en Chile.

En esta arista, la elaboración y presentación de una norma puede requerir la contratación de expertos en el tema, la realización de estudios y análisis de datos que informen sobre el estado de suelos y aguas a nivel nacional, la elaboración de informes técnicos y la consulta con diferentes actores relevantes, como comunidades locales, empresas y organismos gubernamentales. Además, es posible que se requiera también del apoyo de abogados y organizaciones especializadas para garantizar que la norma sea eficiente y cumpla con los requisitos legales necesarios y esté acorde a la realidad del país.

Actualmente las regulaciones pertinentes al cuidado del suelo corresponden a una ley y tres decretos. Dichas regulaciones se refieren a: el uso racional del recurso suelo; bonificación de las prácticas para el manejo y recuperación del suelo ya degradado por los procesos de desertificación, y acuerdos internacionales para la lucha contra la desertificación (González Ulibarry, 2020) . Sin embargo, ninguna de estas (ni tampoco las seis leyes al respecto) hacen un llamado a la prevención o descontaminación de suelos contaminados por grandes industrias, si no que sólo suelos degradados de forma natural.

Siguiendo el caso de China, además de los procedimientos rutinarios de evaluación y aprobación del impacto ambiental, la Ley de prevención de la contaminación del suelo impone responsabilidades de prevención tanto a las autoridades de supervisión administrativa como a las entidades privadas. En un informe actual se comenta que: “En términos de supervisión administrativa, estipula explícitamente que la autoridad competente de ecología y medio ambiente del Consejo de Estado, en cooperación con otras autoridades competentes, formulará, publicará y actualizará a su debido tiempo el catálogo de sustancias peligrosas y nocivas del suelo, así como una lista de entidades bajo supervisión importante en relación con la contaminación del suelo. En el caso de las entidades privadas, la ley exige que las entidades privadas adopten medidas adecuadas para prevenir la contaminación del suelo,

especialmente en el caso de las entidades que se ocupan de sustancias peligrosas en el curso ordinario de sus negocios (Wang, 2019)”.

#### **5.1.4 Participación de la comunidad, en torno a su recuperación social.**

Esta propuesta tiene estricta relación con promover, alrededor del acceso de la información, prácticas de información, de participación pública y de acceso a la justicia en los asuntos ambientales, con el nivel de los estándares internacionales. Es de vital importancia informar a la población sobre lo que está ocurriendo, y contar con su participación para la propuesta de medidas, regulaciones y leyes que puedan beneficiarlos y/o tener estricto contacto con sus actividades diarias. Esta propuesta tiene como finalidad evitar la judicialización social que tienen las comunidades por sobre los proyectos ambientales que les afecten. Muchas veces grupos sociales influyen en la toma de decisiones de estos proyectos que pueden llevar a la revisión y modificación el proyecto, o incluso su cancelación.

Uno de los casos más conocidos es la construcción de la presa de Belo Monte en Brasil, donde se desencadenó una lucha legal y social de comunidades indígenas sobre los impactos sociales y ambientales del proyecto, llegando a un desplazamiento de aproximadamente 40.000 personas y problemas de salud, educación, transporte y trabajo derivados de la desorganización territorial que se dieron mucho antes de inaugurado el proyecto, donde la judicialización social llevó a descubrir una red de corrupción y de lavado de dinero que involucraba a empresas y políticos de toda la Amazonia, (Coalición para los DDHH en el Desarrollo, 2018; Marcelino & Fernandes, 2020).

En Chile, un ejemplo reciente de judicialización social es el proyecto Dominga, una construcción que buscaba extraer hierro y cobre en la región de Coquimbo, cerca del archipiélago de Humboldt, uno de los ecosistemas que acoge al 80% de la población mundial de pingüinos de Humboldt (Swiss Info, 2021). A principios del año 2013, el gobierno decidió detener la construcción del proyecto, en base a 12 recursos de reclamación que presentaron personas y organizaciones ambientalistas en contra de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) otorgada por la Comisión de Evaluación Ambiental de Coquimbo (El Comercio, 2023).

Es por esto que es importante que futuros proyectos, leyes y/o normas que se dicten en la zona de sacrificio cuenten con el respaldo y participación de la comunidad afectada, donde se pueda conformar un diálogo participativo abierto, mediante una conversación fructífera y con mayor riqueza, donde las personas espontáneamente acudan y se encuentren con especialistas y profesionales que responderán sus consultas incluso preguntas que hayan surgido en diálogos participativos anteriores, con el objeto

de recoger el pensamiento, sentir, inquietudes y anhelos de la comunidad y traducirlo en sugerencias que se puedan implementar en los planes de descontaminación.

El último informe de la comisión investigadora sobre causas de alta contaminación ambiental en la zona entrevistó y compartió las declaraciones de más de 40 personas, entre estas ministros, diputados, alcaldes, directores de organizaciones medioambientales, y participantes de agrupaciones medioambientales sin fines de lucro (Comisión Especial Investigadora, 2018). Entre estas declaraciones, muchos de los involucrados dieron tanto su opinión sobre el tema, como también presentaron una variedad de ideas para implementar en la zona, desde su perspectiva laboral como también experiencias propias que les ha tocado presenciar. Estas ideas y opiniones fueron estudiadas por una comisión de diputados, que más allá de tomarlas para poder ingresar una nueva ley o promover la gestión ambiental del lugar, sólo las tomaron para el informe y luego quedarán en el olvido. Es impresentable que la opinión de la misma comunidad afectada sea descartada, y no se tome en cuenta para legislar, más aún cuando es primordial para entender la severidad de la situación.

Al ser declarada una zona saturada en contaminantes, la comunidad es directamente afectada, y son los principales protagonistas por los cuales se necesita hacer un cambio en la normativa, como también corresponde realizar una indemnización por lo vivido y soportado. Por ello es necesario implementar en un mismo plan de recuperación o descontaminación, la opción de realizar diversos estudios epidemiológicos de salud, estudios de composición y contribución de fuentes, para la validación de modelos de dispersión y pronóstico de la salud de la comunidad en la zona. Estos datos no sólo servirán para tener de antecedentes ante eventuales normativas, leyes o decretos, sino también para mantener a la población a salvo y atenta a las enfermedades que puedan presentar.

### **5.1.5 Políticas reguladoras a las industrias.**

Para que realmente exista justicia ambiental no se puede dejar de fuera la responsabilidad que mantienen las industrias y el estado, y el daño que le han hecho a la comunidad durante los últimos años. Si bien el Estado permitió que estas empresas se sintieran cómodas y dejaran un largo rastro de contaminación a lo largo de los años, no pueden quedar impunes mientras la comunidad espera recuperarse a largo plazo.

Según un estudio del año 2018 realizado por el Observatorio de Sostenibilidad del Depto. de Administración de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile que estudió los reportes de sostenibilidad pertenecientes a las empresas de la zona de sacrificio, se notó que varias de

las compañías cuentan con nula responsabilidad social y ambiental, como lo es el caso de Oxiquim que no cuenta con una estrategia de sostenibilidad ni gestión de riesgos, y tampoco da cuenta de su gestión ambiental ni existen datos de sus indicadores de emisiones contaminantes. De la misma forma AES GENER no considera riesgos de conflictos ambientales en las localidades y si bien cuentan con una fundación que se relaciona con las comunidades, no existe trabajo de emergencias ambientales.

Sin embargo, Puerto Ventanas y CODELCO Ventanas se reivindica con robustos gobiernos corporativos, gestión de riesgos integral, focos de comunidad, buen soporte de gestión ambiental e incluso inversiones ambientales con focos en gestión hídrica y manejo de residuos (Guajardo & Chavarri, 2018).

A partir de esto, como quinta propuesta se plantea que las empresas deberán reparar el daño ocasionado, asumiendo una inversión social real en los territorios, mediante acciones sociales que puedan mejorar la calidad de vida de la población. La indemnización que deberían pagar estas empresas debería ser calculada según los daños inmateriales y materiales a la zona de sacrificio, donde deberían considerarse factores tales como:

- a) El daño en la salud humana, considerando que a la población se le aplique un estudio contundente sobre las afecciones causadas por la contaminación a la que se encuentran expuestos y se tenga claridad del número de personas afectadas, luego se podría calcular el costo de tratar estas afecciones y el impacto en la calidad de vida de ellas. También es importante considerar las muertes causadas por la contaminación ambiental. Si bien puede ser un cálculo complejo, se debería consultar con expertos como abogados especializados en lesiones personales o peritos en valoración de daños, que puedan establecer el costo de la vida humana, basándose en factores como la edad o la esperanza de vida.
- b) El daño en el medio ambiente y la biodiversidad, calculando el costo que tendría restaurar ese ecosistema que ha sido dañado por la contaminación, y el efecto que este podría tener a largo plazo en la biodiversidad. Así mismo establecer el valor económico de los bienes afectados como los peces y cultivos perdidos, y restaurar el hábitat para que la pesca y la agricultura puedan florecer.
- c) El daño en la economía local, donde se debería calcular el costo en pérdidas económicas con respecto a las consecuencias que se generaron en el empleo y actividad económica en la región (como se ha visto en la pérdida de actividades productivas como la pesca y la agricultura). Considerando también el costo perdido en escuelas, educación y migración.

En una revisión de literatura, se tienen varios ejemplos de indemnizaciones ambientales que lograron valorizar el daño ambiental generado por industrias que tuvieron que pagar las consecuencias. Una de ellas corresponde a la zona, donde el año 2013 la empresa estatal CODELCO pagó una indemnización de 164 millones de pesos chilenos debido a los dos episodios de intoxicaciones en la escuela La Greda, compromiso que evitó que se hiciera un juicio en contra de la empresa (El Mostrador, 2013). Este dinero ayudó a que se hicieran exámenes preventivos en los afectados.

En Argentina, la empresa Barrick Gold pagó más de 145 millones de pesos argentinos (9.3 millones de dólares aproximadamente en ese periodo) por un derrame de cianuro el año 2015 tras la rotura de una válvula que condujo la sustancia por el valle donde se separa el mineral de la roca. La falla fue detectada varias horas después de producirse el incidente, por lo que el líquido contaminante habría alcanzado a los ríos de la zona (El Cronista, 2016).

Otro caso de indemnización a zonas de sacrificios se dio el año 2013, donde la batalla de dos décadas de un grupo de campesinos e indígenas de la Amazonia ecuatoriana contra la petrolera estadounidense Chevron llegó a una multa que estableció el pago de unos 9.500 millones de dólares por parte de la petrolera dada su participación directa en la contaminación ambiental de la Amazonía ecuatoriana. Sin embargo, esta suma se elevaba hasta los 19.000 millones de dólares y fue disminuida en una rectificación del juicio (BBC, 2013).

Es de vital importancia que parte del dinero recaudado sea invertido en la zona de sacrificio como tal, tanto en recuperación ambiental como social. Un ejemplo podría ser mediante el establecimiento de una clínica con especialización en daños ambientales en la salud, que por lo demás ayudaría a bajar la carga que actualmente tienen los establecimientos de salud municipales o mediante un programa de vigilancia en salud comunitaria en aquellas zonas de mayor exposición a los contaminantes (ambas medidas con el apoyo del Ministerio de Salud). Por otro lado las empresas podrían aportar en el mejoramiento de una educación integral, generación de espacio de áreas verdes, plantaciones de árboles en forma masiva, infraestructura pública, estimular energías renovables e inversión en tecnología y desarrollo en los sectores productivos en cuestión; planificación territorial; mayor movilidad y ciclovías, todas acciones que permitan avanzar hacia una mejor convivencia entre la comunidad con las empresas y los gobiernos locales, regionales y nacionales aumentando la confianza entre ellos, haciéndose cargo de la población afectada en forma integral.

## 6 Conclusiones

Como seres humanos, como los principales responsables éticamente de mantener un equilibrio y una coexistencia respetable con la naturaleza, guiándose por una responsabilidad social con la ciudadanía. Es principalmente por esto que no es posible permitir que la ambición económica nos nuble, es impresentable que una comunidad mantenga tantas enfermedades, intoxicaciones, y calidad de aire deplorable producto de un proyecto que funciona sólo para beneficiar a algunos. Es necesario que el objetivo principal de hacer justicia ambiental en el país sea recuperar el espacio que fue corrompido por el incumplimiento de políticas ambientales, mediante el trato justo y participación significativa de la población. Este objetivo se logra cuando todos disfrutan del mismo grado de protección contra los peligros para el medio ambiente y la salud, y del acceso equitativo al proceso de toma de decisiones para tener un entorno saludable en el que vivir, aprender y trabajar.

Es en las zonas de sacrificio donde esta justicia ambiental aún no ha llegado, donde la falta de políticas redistributivas ambiciosas ha mantenido a las comunidades locales en niveles de desigualdad comparados a los de otros municipios del país. Esto, sumado a que los habitantes de este territorio han experimentado una carga de contaminación cada vez mayor, implica que el acceso a mejores niveles de vida y bienestar se les ha negado rotundamente. Así, la injusticia ambiental que las comunidades de Puchuncaví han sufrido desproporcionadamente debido a los impactos adversos de la industrialización, ha permitido que otras comunidades chilenas se beneficien de ellos.

A partir de esta necesidad de justicia ambiental, se estudió transversalmente la historia del Complejo Industrial Ventanas, y sus diversos efectos en la población aledaña, conociendo las normativas ambientales que rigen las zonas, las concentraciones de contaminantes presentes y un análisis metódico de las alzas sobre la normativa aplicable, con sus consecuencias y episodios más críticos. Este estudio fue necesario para poder entender el sistema en el que se encuentra la zona de sacrificio, y poder dar soluciones más realistas al ambiente actual de la comunidad.

Desde un inicio, este escrito estudió la llegada de las industrias a la zona y cómo estas fueron cambiando el panorama tanto económico como social para la comuna, desde la esperanza a nuevos futuros y estabilidad a un futuro desolador, provocado principalmente por la falta de normativas y análisis que permitieron la entrada de industrias avasalladoras que transformaron una bahía de pescadores a una zona envenenada. Y si bien se esperaba que por lo menos estas industrias mejoraran

el porvenir económico de la población, esto no ocurrió, pues la contaminación pronto llegó a eliminar cualquier rastro de actividad agrícola o pesca, llevándose consigo miles de empleos y aumentando el índice de pobreza para una comunidad que empezaba a enfermarse.

El estudio de episodios críticos en la zona, y el historial medioambiental que la comunidad lleva consigo durante los últimos 50 años, permitió empatizar con la población afectada, entender cuál es el pasado y las historias que mantienen a la comunidad en una búsqueda de justicia y reparación social-ambiental, además de conocer en profundidad los efectos perjudiciales de las industrias contaminantes en la salud de la población. Este factor fue clave para entender por qué esta zona necesita cambiar su gestión ambiental en pro de una convivencia digna. La cantidad de personas afectadas en sus embarazos, en su capacidad para respirar, e incluso en enfermedades como el cáncer, derivado de la contaminación a la que están expuestos diariamente, son la razón principal para que el Estado y las empresas se hagan cargo de proveer una buena calidad de vida en los habitantes de la zona, y no empeorarla. De esta forma atender las necesidades de salud que tienen estas comunidades, donde la red de salud se ve sobrecargada por una exposición que se puede controlar y cuyos esfuerzos políticos deberían enfocarse a ello no sólo mejorando normas de calidad de aire, si no también creando normas de emisión más restrictivas.

Si bien a lo largo de los últimos años, el Estado ha sido responsable y ha creado nuevas instancias, normativas y leyes para poder conservar el patrimonio ambiental del país, muchas de estas normativas quedan cortas y no son lo suficientemente eficaces ni tampoco son derechamente controladas. En específico, en este escrito se hace referencia a las normas de calidad del aire primarias, y su control de monitoreo para las siete estaciones destinadas a observar las concentraciones de contaminantes en el complejo Industrial. Mediante el análisis de data del SINCA se logró observar que durante los últimos años las alzas de contaminantes diarios siguen siendo un problema en varias de las estaciones más cercanas al complejo. Esto se da principalmente por dos factores: la falta de actualización en los valores de estándares para la emisión de contaminantes y la poca rigurosidad en los controles horarios, diarios y anuales que se realizan.

En primer lugar, los parámetros normados actualmente para el control de contaminantes son antiguos. Muchos de estos no han sido actualizados con la regularidad debida (5 años), y eso conlleva a que el máximo permitido sea el mismo que hace 20 años, como es el caso del dióxido de nitrógeno, ozono, plomo, entre otros. Así mismo, al estar desactualizadas Chile se ve muy atrasado como país, en

comparación a normas de calidad del aire extranjeras, como en Estados Unidos y Europa, en donde los máximos permitidos son muchas veces menos de la mitad de lo permitido aquí. Además, el país se ve muy excedido en concentraciones al compararse con las recomendaciones de la OMS.

Dada la evolución de la industria en el país, y los efectos que los contaminantes tienen tanto a largo como a corto plazo, es necesario que se realice una actualización de estándares, como también la creación de nuevas normativas de calidad del aire para otros contaminantes que hoy en día son un peligro para las poblaciones que están expuestos a ellos. Por otro lado, el análisis de datos del SINCA, permitió observar que, si bien las normas se cumplen en cuanto a las emisiones totales por año, y casi siempre se cumplen a nivel diario, muchas veces existen emisiones muy altas horarias, que no son captadas por la estación de monitoreo (pues esta mide por un promedio cada 24 horas). Estos peaks horarios llevan a fuertes intoxicaciones en la población, conllevando a episodios críticos sociales donde muchas veces son niños los afectados.

A partir de los factores anteriormente mencionados, con relación a la mejora de la calidad de aire en la zona que está a cargo del Estado, se propusieron tres ideas: la actualización de normas primarias de calidad del aire con la finalidad de avanzar a las recomendaciones de la OMS, en conjunto a la creación de una norma de calidad primaria para el arsénico que pueda detener el efecto de este en la comunidad, o al menos sentar una base para su emisión y control. Bajo esa misma perspectiva se propone obtener una vista panorámica de la contaminación local, y crear una serie de normativas que puedan controlar también la contaminación de suelos y aguas, algo que es vital para evitar una muy posible biomagnificación.

A nivel social, se estableció como propuesta la participación efectiva y vinculante de la comunidad como un factor indispensable para obtener una perspectiva completa del panorama ambiental y social de la zona, donde sus experiencias locales puedan ser escuchadas y se utilicen como plataforma para la creación de nuevos planes descontaminantes. La comunidad afectada es capaz de profundizar en una reflexión colectiva en torno a las consecuencias y alternativas a los modelos de desarrollo y planes de recuperación actuales, mediante la incorporación de las demandas históricas de los territorios en torno a mayor justicia ambiental y social. Esto va de la mano con una modificación profunda de las estructuras, instituciones y políticas de gobernanza con la incorporación de las organizaciones sindicales y movimientos sociales y de mujeres, cuya participación y convergencia es incidente para un diseño e implementación responsable de nuevos planes.

Finalmente, las industrias no pueden seguir quedando fuera de esta propuesta, por lo que se planteó que sean parte desde una perspectiva social y monetaria, donde se realice una inversión inicial por parte de estas entidades, que incluyan proyectos de recuperación social, con la construcción de infraestructuras para la comunidad, como también involucrarse en la educación o incluso una clínica que pueda ayudar a sustentar las emergencias ambientales a las que se enfrente la ciudadanía.

En conclusión, sería posible generar un cambio en la gestión ambiental de la zona de sacrificio, siempre y cuando sea un esfuerzo conjunto entre el Estado, la comunidad y las industrias, considerándose como un beneficio para todas las partes involucradas, desde una deuda que tiene el Estado con las comunidades, una mejora para la calidad de vida de los involucrados y la responsabilidad social y ambiental que las empresas siempre debieron haber mantenido con la zona. Esta propuesta de nuevas regulaciones ambientales espera ser una solución factible para el caso del área de sacrificio en estudio, capaz de marcar un antes y un después para nuevas bases y regulaciones en futuros proyectos industriales que deseen ubicarse en esta zona. Por lo tanto, con la esperanza de que la Bahía de Quintero-Puchuncaví eventualmente deje de ser llamada zona de sacrificio, esta investigación espera proporcionar pautas para apoyar la toma de decisiones futuras en la consideración de nuevos estándares ambientales para casos de justicia ambiental, cambiando el paradigma del Estado para actuar de forma preventiva en vez de reactiva e impulsando a una recuperación efectiva de este territorio, en la medida que se asegure una gobernanza en que exista una normativa práctica, efectiva y justa.

## 7 Referencias

- Acosta, S. (2019, December). *¿Qué son las zonas de sacrificio de Chile?* El Diario ES. [https://www.eldiario.es/ballenablanca/365\\_dias/zonas-sacrificio-chile-cumbre-clima\\_1\\_1205027.html](https://www.eldiario.es/ballenablanca/365_dias/zonas-sacrificio-chile-cumbre-clima_1_1205027.html)
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2010). *La toxicidad del arsénico*. <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/>.
- Aparicio, E. (2022). *Científicos detectan que habitantes de Quintero y Puchuncaví presentan falla en gen que protege del cáncer*. El Mostrador. <https://www.elmostrador.cl/cultura/2022/03/09/cientificos-revelan-que-habitantes-de-quintero-y-puchuncavi-presentan-falla-en-gen-que-protege-del-cancer/>
- Arai, Y. (2010). *CHARACTERISTICS AND BEHAVIOUR OF INDIVIDUAL ELEMENTS: Arsenic and Antimony*.
- BBC. (2013). *Ecuador: ratifican sanción millonaria contra Chevron* - BBC News Mundo. [https://www.bbc.com/mundo/ultimas\\_noticias/2013/11/131113\\_ultnot\\_fallo\\_caso\\_chevron\\_ecuador\\_bd](https://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/11/131113_ultnot_fallo_caso_chevron_ecuador_bd)
- BCN. (2022a). *Normas Ambientales*.
- BCN. (2022b). *Normas de Emisión*. Ministerio Del Medio Ambiente.
- Buschmann, J., & Jacob, D. (2012). *Arqueología de una controversia: El Centro Industrial de Ventanas*.
- Carrere, M. (2018). *Chile: el drama de los pescadores de Ventanas*. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. <https://olca.cl/articulo/nota.php?id=107417>
- Centro de Análisis Socio Ambiental. (2020). *Vivir y resistir en una Zona de Sacrificio*. CASA.
- Chahúan Pérez, J. (2019). *Zonas de Sacrificio: Experiencias cotidianas en territorios contaminados, la Bahía de Quintero-Puchuncaví*. Universidad de Chile.
- Chaney, R. L. (2010). *CHARACTERISTICS AND BEHAVIOUR OF INDIVIDUAL ELEMENTS: Cadmium and Zinc*. In P. Hooda (Ed.), *Trace Elements* (pp. 409–429).
- Coalición para los DDHH en el Desarrollo. (2018). *Intimidación y corrupción para silenciar comunidades indígenas, activistas ambientales y funcionarios del gobierno*. *Riesgos No Calculados*.
- Comisión Especial Investigadora. (2018). *INFORME COMISIÓN ESPECIAL INVESTIGADORA SOBRE CAUSAS DE ALTA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, ESPECIALMENTE EN CONCÓN, QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ, Y DE RESPONSABILIDADES EN EJECUCIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN*.
- Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente. (2021). *Canadian Ambient Air Quality Standards*. <https://ccme.ca/en/air-quality-report#slide-8>

- Contraloría General de la República. (2022). *INFORME FINAL N°27*.
- Department of Ecology of Washington. (2022). *Improving Air Quality in Overburdened Communities Initiative*.
- Diario UChile. (2011). *Salud anuncia cierre definitivo de escuela La Greda por presencia de arsénico y plomo* « *Diario y Radio Universidad Chile*. <https://radio.uchile.cl/2011/07/29/salud-anuncia-cierre-definitivo-de-escuela-la-greda-por-presencia-de-arsenico-y-plomo/>
- Diario UChile. (2022). *Contaminación en Quintero-Puchuncaví: “No podemos seguir teniendo un complejo industrial de estas características instalado al lado de un asentamiento humano”* « *Diario y Radio Universidad Chile*. <https://radio.uchile.cl/2022/06/09/contaminacion-en-quintero-puchuncavi-no-podemos-seguir-teniendo-un-complejo-industrial-de-estas-caracteristicas-instalado-al-lado-de-un-asentamiento-humano/>
- El Comercio. (2023). Proyecto Dominga en Chile: ¿qué es y por qué el Gobierno rechazó llevarlo a cabo? revtli tdex | RESPUESTAS | EL COMERCIO PERÚ. *El Comercio Perú*. <https://elcomercio.pe/respuestas/que/proyecto-dominga-en-chile-que-es-y-por-que-el-gobierno-rechazo-llevarlo-a-cabo-revtli-tdex-noticia/>
- El Cronista. (2016). *Barrick Gold confirmó la multa que le impuso el gobierno sanjuanino tras el derrame de cianuro* - *El Cronista*. <https://www.cronista.com/economia-politica/Barrick-Gold-confirmo-la-multa-que-le-impuso-el-gobierno-sanjuanino-tras-el-derrame-de-cianuro-20160311-0127.html>
- El Mostrador. (2013). *Codelco evita juicio tras comprometerse a indemnizar a 38 querellantes por intoxicaciones en la escuela La Greda* - *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2013/09/17/codelco-evita-juicio-tras-comprometerse-a-indemnizar-a-38-querellantes-por-intoxicaciones-en-la-escuela-la-greda/>
- el Mostrador. (2019). *A un año de la intoxicación masiva en Puchuncaví, parlamentarios y ambientalistas califican nuevos casos como «una vergüenza para el país»* - *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2019/08/20/a-un-ano-de-la-intoxicacion-masiva-en-puchuncavi-parlamentarios-y-ambientalistas-califican-nuevos-casos-como-una-verguenza-para-el-pais/>
- el Mostrador. (2022a). *El historial medioambiental de la fundición de Ventanas: un ejemplo del fracaso de normas y parches* - *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/cultura/2022/06/23/el-historial-medioambiental-de-la-fundicion-de-ventanas-un-ejemplo-del-fracaso-de-normas-y-remaches/>
- el Mostrador. (2022b). *Los 10 años que puede durar el proceso de cierre definitivo de la Fundición Ventanas* - *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2022/06/24/los-10-anos-que-puede-durar-el-proceso-de-cierre-definitivo-de-la-fundicion-ventanas/>
- EPA. (2022, April). *NAAQS Table*. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

- Espinoza Almonacid, L. E. (2015). El polo industrial Quintero-Ventanas ¿Hacia dónde fue el desarrollo? In *Ciencias Sociales*. Centro de Publicaciones. FCPyS. UNCuyo. Mendoza. <http://www.edicionesespe->
- European Commission. (2001). *Ambient air pollution by AS, CD and NI compounds. Position Paper*.
- European Environment Agency. (2019). *Europe's urban air quality — re-assessing implementation challenges in cities*.
- Folchi, M. (2020). *Los territorios que habita(re)mos: ¿Qué futuro existe para las zonas de sacrificio?* <https://libros.uchile.cl/files/presses/1/monographs/1079/submission/proof/31/index.html#zoom=z>
- Forbes. (2022). Estos son los 50 países más bellos del mundo: ¿En qué puesto está Chile? *FORBES*. LIFE Estos son los 50 países más bellos del mundo: ¿En qué puesto está Chile?
- França Silva, L., Cristini Pinow, H., & Torres Forrero, D. (2022). *AVANCES EN POLÍTICAS Y ACCIONES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN BRASIL - Young Travelers*. <https://youngtravelers.co/brazil-esp/avances-en-politicas-y-acciones-sobre-el-cambio-climatico-en-brasil/>
- Fundación Terram. (2018). La negligente realidad de la Bahía de Quinteros. *Fundación Terram*, 6–7. <https://goo.gl/tXTiMG>
- Fundación Terram. (2019). *AES Gener, Enel y Engie, cómplices de las muertes en zonas de sacrificio – Fundación Terram*. <https://www.terram.cl/2019/12/aes-gener-enel-y-engie-complices-de-las-muertes-en-zonas-de-sacrificio/>
- Fundación Terram. (2022a). *Cierre de la fundición de Ventanas: la historia lo avala*. <https://www.terram.cl/2022/06/cierre-de-la-fundicion-de-ventanas-la-historia-lo-avala/>
- Fundación Terram. (2022b, March). *El 67% de las normas de calidad del aire en Chile no han sido actualizadas*. Fundación Terram. <https://www.terram.cl/2022/03/el-67-de-las-normas-de-calidad-del-aire-en-chile-no-han-sido-actualizadas/>
- Gayo, E. M., Muñoz, A. A., Maldonado, A., Lavergne, C., Francois, J. P., Rodríguez, D., Klock-Barría, K., Sheppard, P. R., Aguilera-Betti, I., Alonso-Hernández, C., Mena-Carrasco, M., Urquiza, A., & Gallardo, L. (2022). A Cross-Cutting Approach for Relating Anthropocene, Environmental Injustice and Sacrifice Zones. *Earth's Future*, 10(4). <https://doi.org/10.1029/2021EF002217>
- Gayo, Muñoz, Maldonado, & Urquiza Laura Gallardo. (2022). Injusticia ambiental y zonas de sacrificio: El caso de Puchuncaví. *Centro de Ciencia Del Clima y La Resiliencia*. [www.cr2.cl](http://www.cr2.cl)
- Glosario. (2015). Magnificación biológica [Bioaccumulation] (Ecología). *Glosarios@servidor-Alicante.Com*. <https://glosarios.servidor-alicante.com/ecologia/magnificacion-biologica>
- Gobierno de Chile. (2022, June 22). *Asumimos la responsabilidad con acciones concretas: Conozca las medidas del Plan de Recuperación Quintero-Puchuncaví*.

- González, A. (2021). Derrame de petróleo afecta nuevamente la bahía de Quintero | Especial | BioBioChile. *BioBio Chile*. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2021/12/22/derrame-de-petroleo-afecta-nuevamente-la-bahia-de-quintero.shtml>
- González Ulibarry, P. (2020). *Leyes y decretos relacionados con el suelo - Desertificación y degradación del suelo*. <http://bcn.cl/2jz0y>
- Government of Canada. (2019). *Guide to understanding the Canadian Environmental Protection Act: chapter 2 - Canada.ca*. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-environmental-protection-act-registry/publications/guide-to-understanding/chapter-2.html>
- Government of Canada. (2022, November). *Air pollution: drivers and impacts*.
- Guajardo M, A., & Chavarri M, R. (2018). Análisis Caso Quintero y Puchuncavi. In *Observatorio de Sostenibilidad del Depto., de Administración de la Facultad de Economía y Negocios. Universidad de Chile*.
- Hormazabal Poblete, N., Maino Ansaldo, S., Vergara Herrera, M., & Vergara Herrera, M. (2019). Habitar en una zona de sacrificio: Análisis multiescalar de la comuna de Puchuncaví. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 06–15. <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.01>
- Hough, R. L. (2010). *CHARACTERISTICS AND BEHAVIOUR OF INDIVIDUAL ELEMENTS: Copper and Lead*.
- IMFD. (2022). *Zona de Sacrificio: Contaminación, Empleo y Salud en Quintero y Puchuncaví*.
- INDH. (2022). *Mapa de Conflictos Medioambientales - INDH*. <https://mapaconflictos.indh.cl/#/>
- L PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. (2004). *DIRECTIVA 2004/107/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO*.
- la Tercera. (2018). Codelco Ventanas paralizó actividades tras detectarse mala calidad del aire en la estación de Quinteros. *La Tercera*.
- LitoralPress. (2020). *Crítica situación económica y laboral afecta a pescadores por la pandemia coronavirus*. [https://www.litoralpress.cl/paginaconsultas/Documentos/Crear\\_Archivo\\_Pdf.aspx?LPKey=S76TB43L7ACITQUI2JV67IFJGSPTNWAP4YDGLLVQRJCXRX3VQYKA](https://www.litoralpress.cl/paginaconsultas/Documentos/Crear_Archivo_Pdf.aspx?LPKey=S76TB43L7ACITQUI2JV67IFJGSPTNWAP4YDGLLVQRJCXRX3VQYKA)
- Lozano Gómez, P., & Barbarán Mozo, H. P. (2021). La gestión ambiental en los gobiernos locales en América Latina. *Universidad César Vallejo*.
- Marcelino, M. F., & Fernandes, T. (2020). *La hidroeléctrica de Belo Monte: problemas sociales, fracasos del Estado y la lucha de las mujeres por modelos energéticos alternativos | Heinrich Böll Stiftung | Bogotá office - Colombia*. HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG. <https://co.boell.org/es/2020/04/20/la-hidroelectrica-de-belo-monte-problemas-sociales-fracasos-del-estado-y-la-lucha-de-las>
- Ministerio de Salud. (2022). *Minuta n°6: Estudio “Situación de Salud en habitantes de Puchuncaví, Quintero y Concón, asociado a determinantes de la salud 2022.”*

- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Gestión Ambiental MINTIC*. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Atencion-y-Servicio-a-la-Ciudadania/Transparencia/135683:Gestion-Ambiental-MINTIC>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2019a). *PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA LAS COMUNAS DE CONCÓN, QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2019b). Resolución-1307-EXENTA\_30-OCT-2019. In *Biblioteca Congreso Nacional*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Evolución Calidad del Aire*.
- Ministerio del Medio Ambiente y el Consejo para la Recuperación Ambiental y Social de Quintero y Puchuncaví (CRAS). (2017). *PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL- Puchuncaví-Quintero*.
- Ministerio Secretaria General de la Presidencia. (1994). LEY 19300 APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE. In *Biblioteca del Congreso Nacional*.
- MINSAL. (2022). *Subsecretaría de Salud Pública y Universidad Católica dan inicio a estudio sobre determinantes sociales de la salud en Concón, Quintero y Puchuncaví - Ministerio de Salud - Gobierno de Chile*. <https://www.minsal.cl/subsecretaria-de-salud-publica-y-universidad-catolica-dan-inicio-a-estudio-sobre-determinantes-sociales-de-la-salud-en-concon-quintero-y-puchuncavi/>
- Montes, R. (2022). *Codelco: El cierre de la fundición Ventanas marca un giro histórico en la política ambiental de Chile | EL PAÍS Chile*. El País. <https://elpais.com/chile/2022-06-27/el-cierre-de-la-fundicion-ventanas-marca-un-giro-historico-en-la-politica-ambiental-de-chile.html>
- Montoya, B. (2022). *Chile: 55 varamientos de carbón se han registrado en playa Ventanas en los últimos nueve meses*. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2022/04/chile-55-varamientos-de-carbon-se-han-registrado-en-playa-ventanas/>
- OMS. (2022). *Arsénico*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: Resumen ejecutivo*.
- Pais Circular. (2019). *Expertos buscan reactivar discusión para una norma de suelo, la mayor deuda en materia de contaminación en Chile*.
- Paredes, C. (2019). Contaminación de cultivos agrícolas en Puchuncaví: una nueva vulneración a los DDHH. *El Mostrador*.
- Ramirez, H. (2019). *Fundición Codelco Ventanas: con permiso para matar* «Diario y Radio Universidad Chile. *Diario Universidad de Chile*. <https://radio.uchile.cl/2019/08/10/fundicion-codelco-ventanas-con-permiso-para-matar/>
- Red de Emergencia. (2017). *Puchuncaví: 18 niños atendidos con síntomas de intoxicación y 300 alumnos evacuados | Corporación Ciudadana Red Nacional de Emergencia*.

<http://www.reddeemergencia.cl/puchuncavi-18-ninos-atendidos-con-sintomas-de-intoxicacion-y-300-alumnos-evacuados/>

Reporte Minero. (2018, September 11). *Codelco Ventanas y AES Gener entregan la supervisión de sus estaciones de monitoreo al Estado - Reporte Minero | El portal de minería en Chile*. <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2018/09/codelco-ventanas-y-aes-gener-entregan-la-supervision-de-sus-estaciones-de-monitoreo-al-estado>

Resumen. (2018). *Crisis socioambiental: impactos del Complejo Industrial Ventanas en Quintero y Puchuncaví | Resumen.cl*. Resumen. <https://resumen.cl/articulos/crisis-socioambiental-impactos-complejo-industrial-ventanas-quintero-puchuncavi>

Rojas Barrera, G. (2015). *HISTORIA AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN VENTANAS: LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE LA COMPENSACIÓN ECONÓMICA*. Universidad de Chile.

Sabatini Francisco. (1996). Chile: conflictos ambientales locales y profundización democrática. *Movimiento Ecologista*.

Salmani-Ghabeshi, S., Palomo-Marín, M. R., Bernalte, E., Rueda-Holgado, F., Miró-Rodríguez, C., Cereceda-Balic, F., Fadic, X., Vidal, V., Funes, M., & Pinilla-Gil, E. (2016). Spatial gradient of human health risk from exposure to trace elements and radioactive pollutants in soils at the Puchuncaví-Ventanas industrial complex, Chile. *Environmental Pollution*, 218, 322–330. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.07.007>

Sandra Cortes, A., Karla Yohannessen, V., Lidya Tellerias, C., & Ericka Ahumada, P. (2019). Exposure to contaminants from coal-fired thermoelectric plants and children's health: What is the international and national evidence? *Revista Chilena de Pediatría*, 90(1), 102–114. <https://doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>

SEIA. (2022). *Normativa ambiental aplicable*.

SINCA. (2020, June). *Redes de monitoreo en línea*. <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/redes>

SINCA. (2022). *Normativa Aplicable*.

Stuardo, M. (2021). Se registra el tercer varamiento de carbón en menos de una semana en Quintero: van 63 este año | Especial | BioBioChile. *BioBio Chile*. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2021/07/19/se-registra-el-tercer-varamiento-de-carbon-en-menos-de-una-semana-en-quintero-van-63-este-ano.shtml>

Superintendencia del Medio Ambiente. (2022). *INFORME DEL ESTADO DE AVANCE DE LAS MEDIDAS E INSTRUMENTOS DEL PLAN AÑO 2021*.

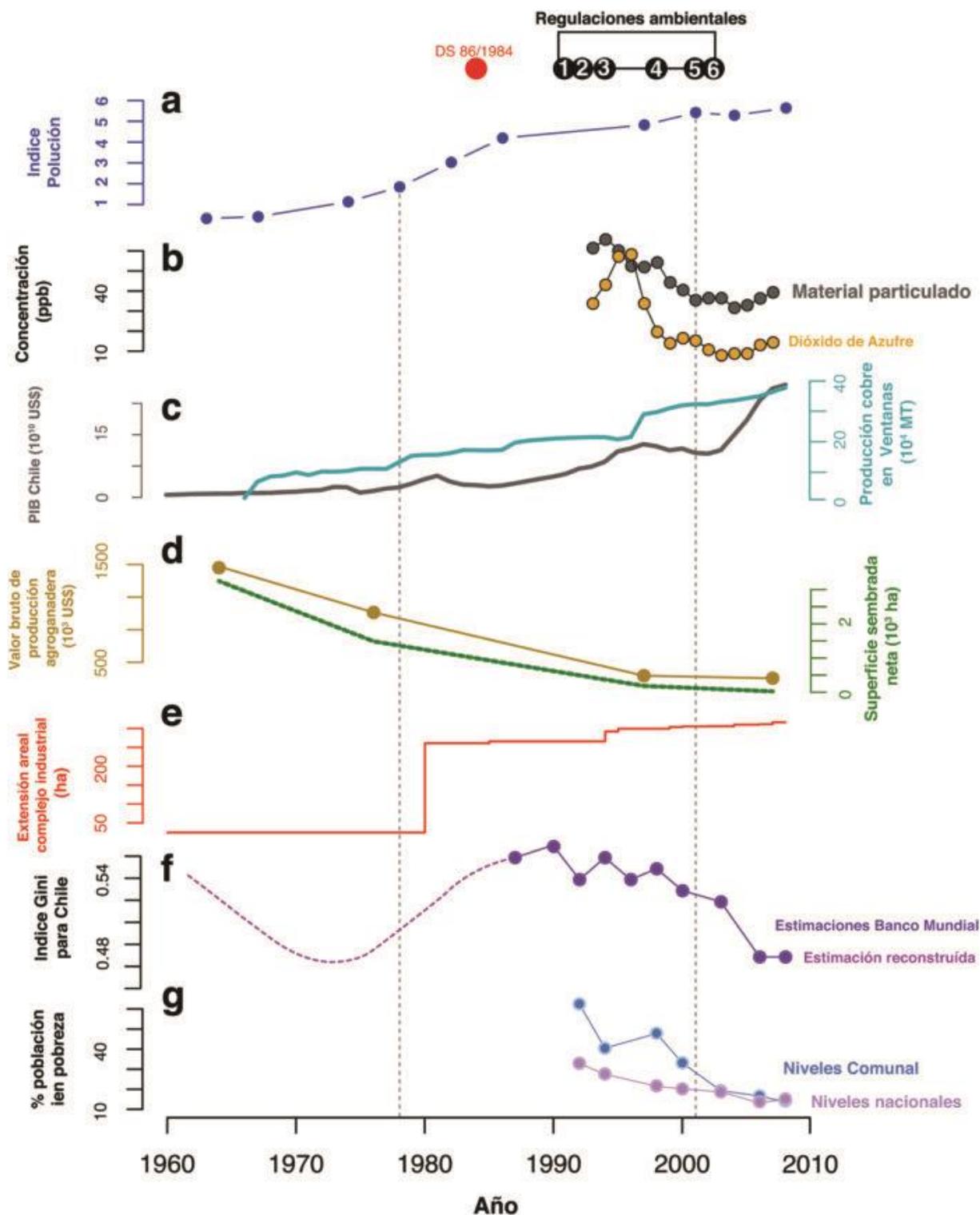
Swiss Info. (2021). *Archipiélago de Humboldt, un tesoro natural en Chile amenazado por la minera Dominga - SWI swissinfo.ch*. <https://www.swissinfo.ch/spa/afp/archipi%C3%A9lago-de-humboldt--un-tesoro-natural-en-chile-amenazado-por-la-minera-dominga/47038052>

Tapia, M. J., & Cofré, V. (2022). Ventanas: los múltiples intentos de cierre de una resistida fundición. *La Tercera*.

- Tapia-Gatica, J., González-Miranda, I., Salgado, E., Bravo, M. A., Tessini, C., Dovletyarova, E. A., Paltseva, A. A., & Neaman, A. (2019). Advanced determination of the spatial gradient of human health risk and ecological risk from exposure to As, Cu, Pb, and Zn in soils near the Ventanas Industrial Complex (Puchuncaví, Chile). *Environmental Pollution*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113488>
- Tecnologías Limpias. (2007). *Legislación y Normas Ambientales*.
- Torres Muñoz, R. (2021). Estándares de Calidad del Aire Legislación Comparada. In *Biblioteca Congreso Nacional de Chile*.
- Torres Muñoz, R. (2022). Emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) Normas Internacionales. *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-sulphur->
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2018). Contaminación atmosférica: nuestra salud no tiene todavía la suficiente protección. *Unión Europea*.
- Turmo Garuz, J., & Moslares García, C. (2007). *Chile: de la industrialización mediante sustitución de importaciones a la liberalización y diversificación comercial*. <https://www.researchgate.net/publication/28172399>
- USA GOV. (2015). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos | USAGov*. <https://www.usa.gov/espanol/agencias-federales/agencia-de-proteccion-ambiental-de-estados-unidos>
- Varela Pereira, Corrales López, Salazar Fernández, & Solís Núñez. (2020). Asociación entre los niveles de NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> en el aire y las tasas de hospitalización del Hospital Adriana Cousiño de Quintero durante los años 2012 al 2018. In *Revista ANACEM*.
- Veas, C., & Fuentes, C. (2020). VIVIR EN UNA ZONA DE SACRIFICIO: Experiencias e historias ciudadanas de la contaminación en Chile. *Chile Sustentable*.
- Vita, L. (2022, November 20). ESPECIAL: Zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví, Chile. *Infórmate 360*.
- Vivanco Font, E. (2014). Peticiones del Primer Cónclave sobre Impacto Ambiental y Desarrollo Comunal: Proyectos de Ley. *Biblioteca Congreso Nacional*. <http://bcn.cl/lmalq>
- Vivanco Font, E. (2020). Zonas de sacrificio en Chile 2022. *Biblioteca Nacional Congreso de Chile*. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33401/1/BCN\\_Zonas\\_de\\_sacrificio\\_en\\_Chile\\_2022\\_FINAL.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33401/1/BCN_Zonas_de_sacrificio_en_Chile_2022_FINAL.pdf)
- Wang, S. (2019). PRC Law on Prevention and Control of Soil Contamination — One Year after Implementation. *Lexology*.
- Weidenslaufer, C. (2022). *Prevención y reparación de comunidades afectadas en “zonas de sacrificio”*. *Derecho comparado (EE.UU.)*.

## 8 Anexos

Anexo A. Relación entre los niveles históricos de contaminación, la normativa medioambiental y las tendencias socioeconómicas entre 1960 y 2008.



Fuente: Gayo et al., 2022.

**Anexo B. Número de empresas según rubro económico en las comunas.**

| Rubro económico/años                                                                       | Número de empresas |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|
|                                                                                            | 2017               | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca                                               | 135                | 117  | 104  | 103  | 84   |
| Explotación de minas y canteras                                                            | 11                 | 8    | 11   | 9    | 7    |
| Industria manufacturera                                                                    | 184                | 171  | 194  | 188  | 223  |
| Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado                                | 4                  | 5    | 7    | 5    | 4    |
| Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación | 25                 | 24   | 25   | 31   | 40   |
| Construcción                                                                               | 239                | 246  | 256  | 280  | 326  |
| Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas   | 1275               | 1298 | 1347 | 1363 | 1460 |
| Transporte y almacenamiento                                                                | 256                | 266  | 281  | 291  | 265  |
| Actividades de alojamiento y de servicio de comidas                                        | 293                | 375  | 422  | 414  | 416  |
| Información y comunicaciones                                                               | 16                 | 26   | 28   | 34   | 41   |
| Actividades financieras y de seguros                                                       | 69                 | 65   | 74   | 77   | 71   |
| Actividades inmobiliarias                                                                  | 87                 | 107  | 114  | 123  | 139  |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas                                          | 76                 | 108  | 116  | 135  | 145  |
| Actividades de servicios administrativos y de apoyo                                        | 66                 | 106  | 110  | 101  | 128  |
| Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria     | 2                  | 4    | 3    | 5    | 4    |
| Enseñanza                                                                                  | 17                 | 22   | 22   | 21   | 23   |
| Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social                          | 30                 | 29   | 33   | 41   | 52   |
| Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas                                   | 40                 | 61   | 58   | 55   | 61   |
| Otras actividades de servicios                                                             | 197                | 187  | 175  | 171  | 187  |
| Sin información                                                                            | 17                 | 19   | 20   | 17   | 16   |

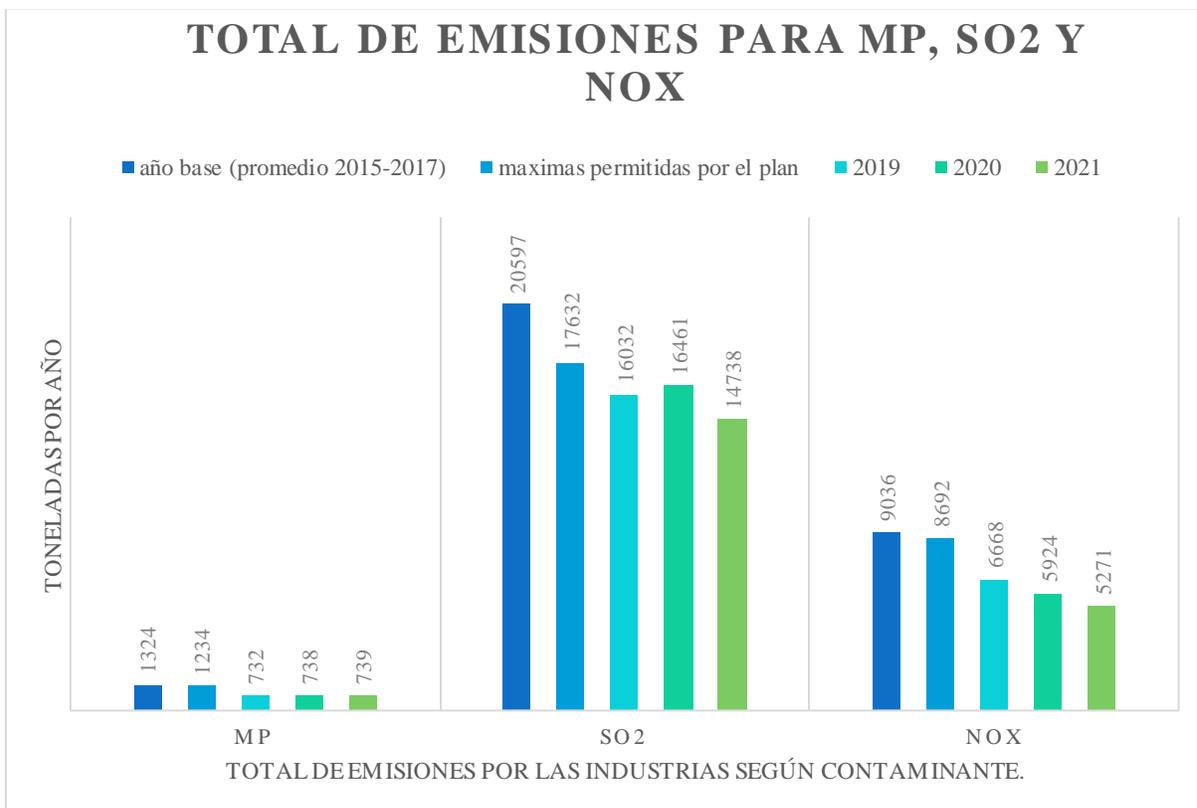
Fuente: SII

## Anexo C. Línea de tiempo de las medidas de gestión ambiental para la zona



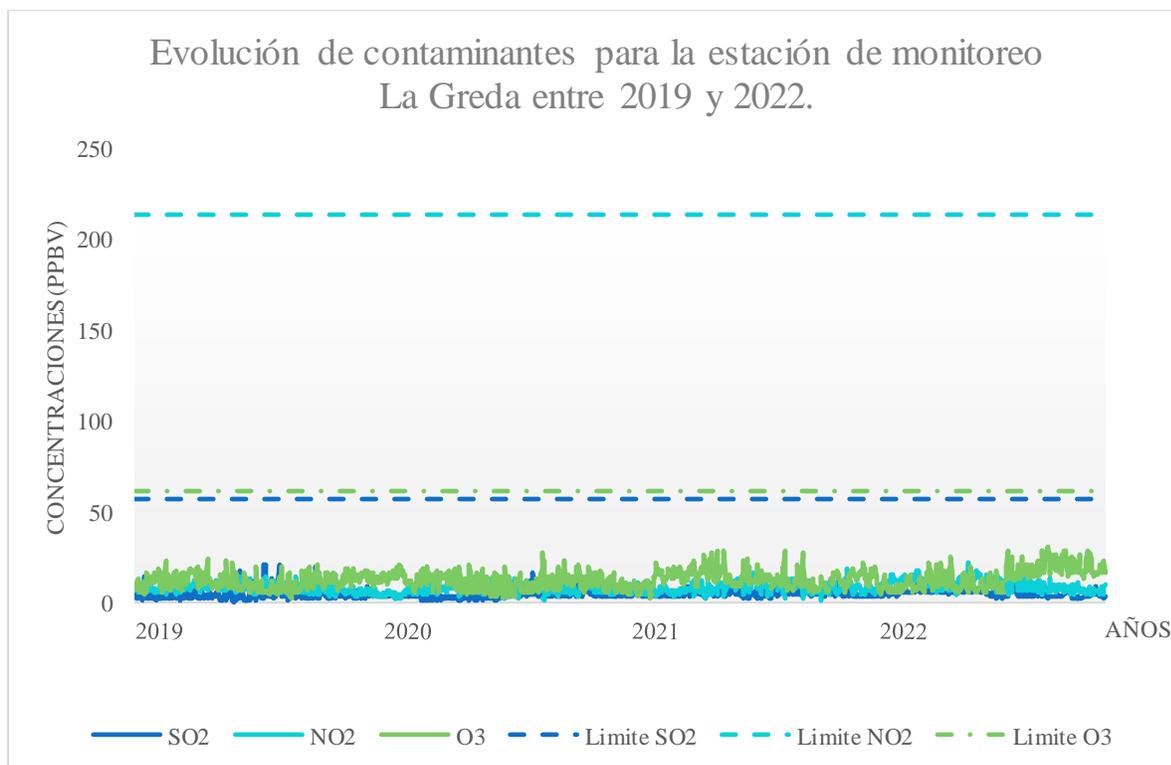
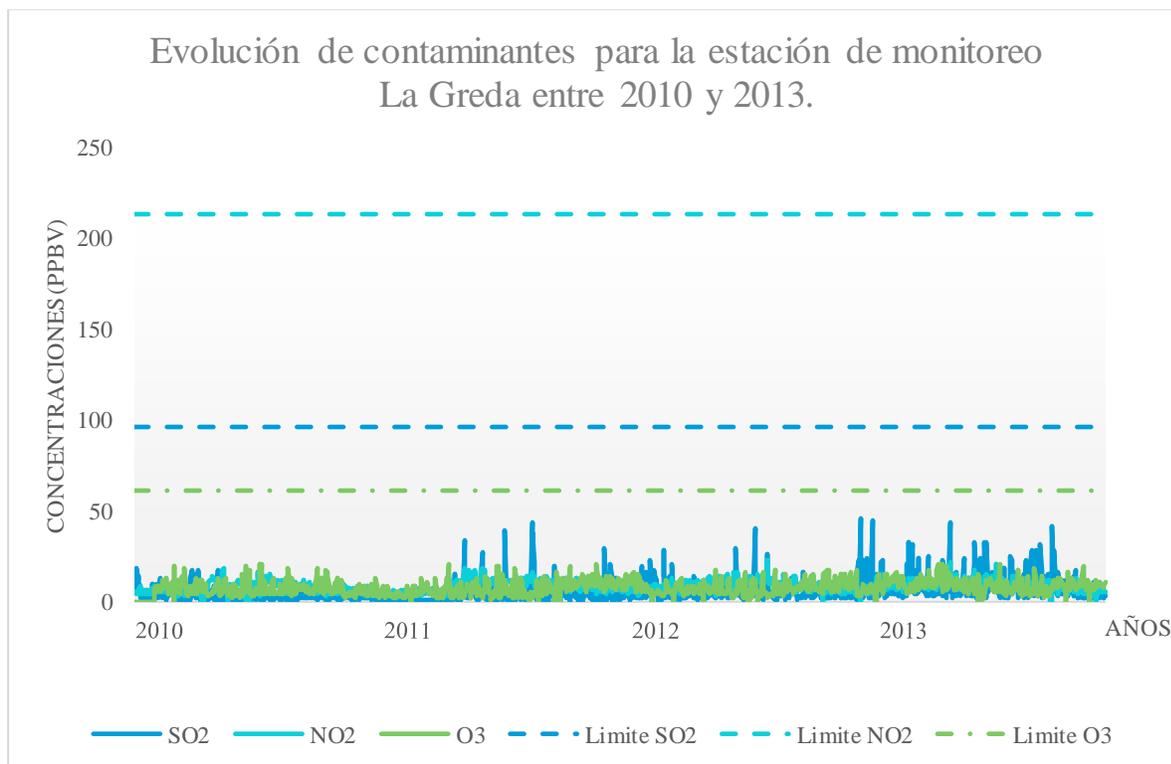
Fuente: Elaboración propia mediante información recabada de Fundación Terram, 2018; Ministerio del Medio Ambiente y el CRAS, 2017.

**Anexo D. Total de Emisiones en Codelco, Aes Gener y ENAP para la zona de sacrificio en los últimos años.**

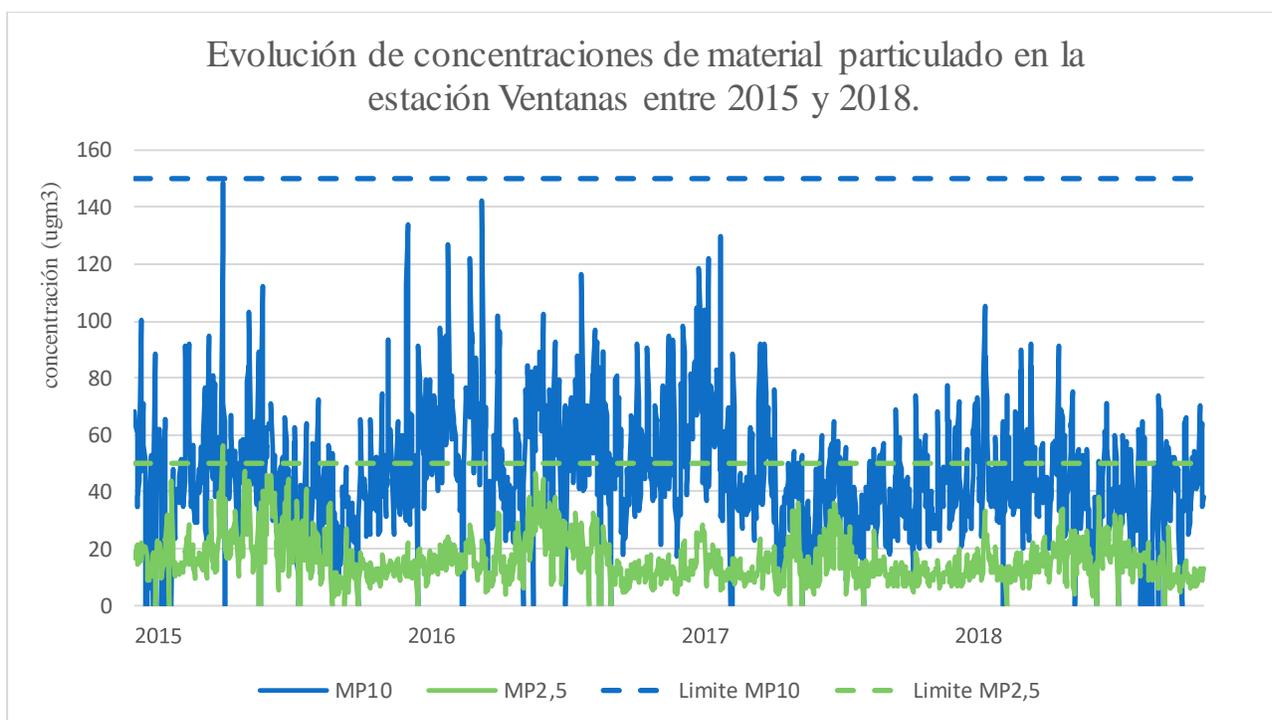
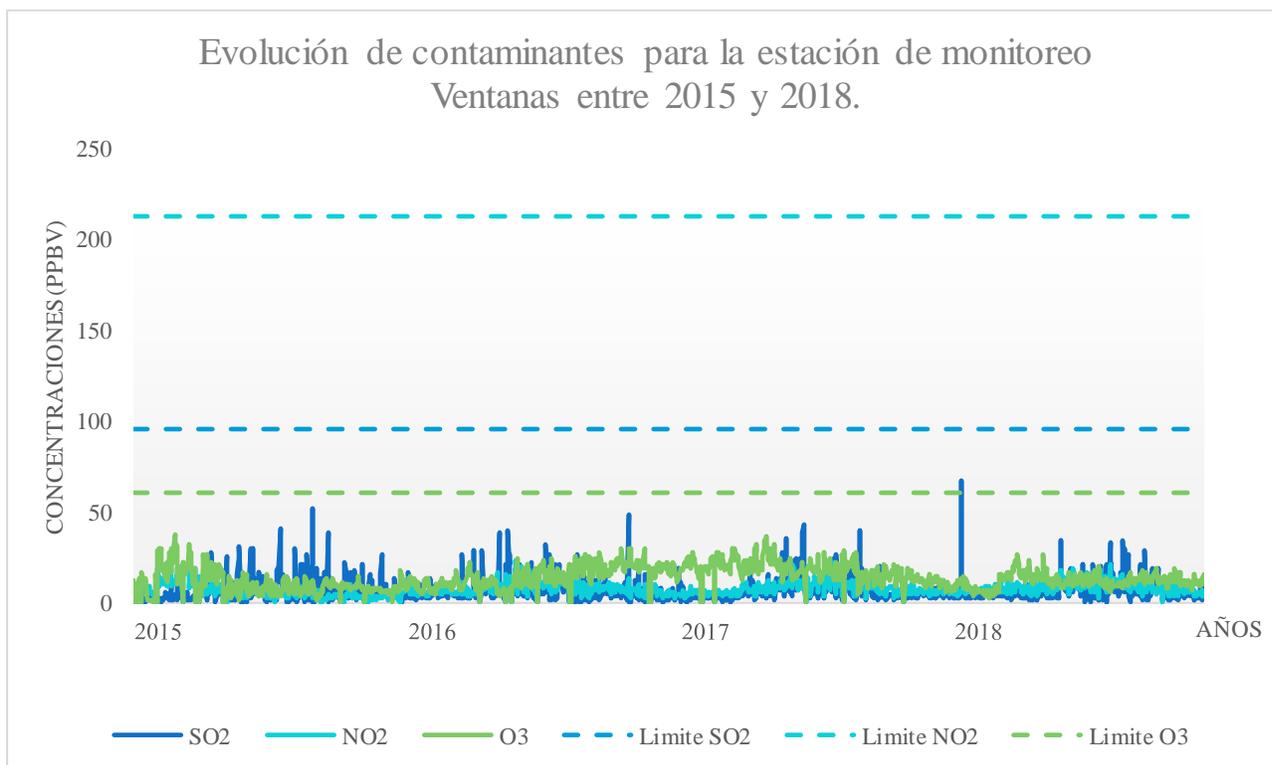


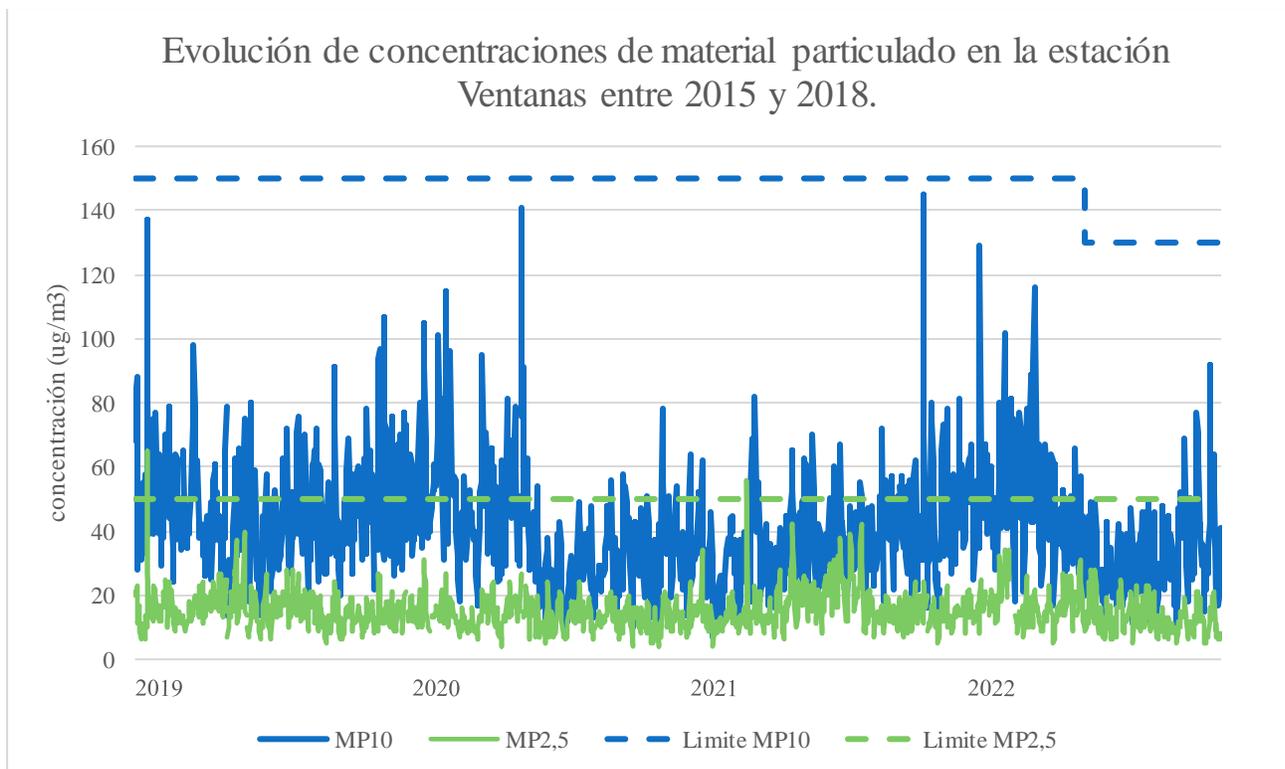
Fuente: Elaboración propia con datos recuperados de la Superintendencia del Medio Ambiente.

### Anexo E. Gráficos para contaminantes en la estación La Greda

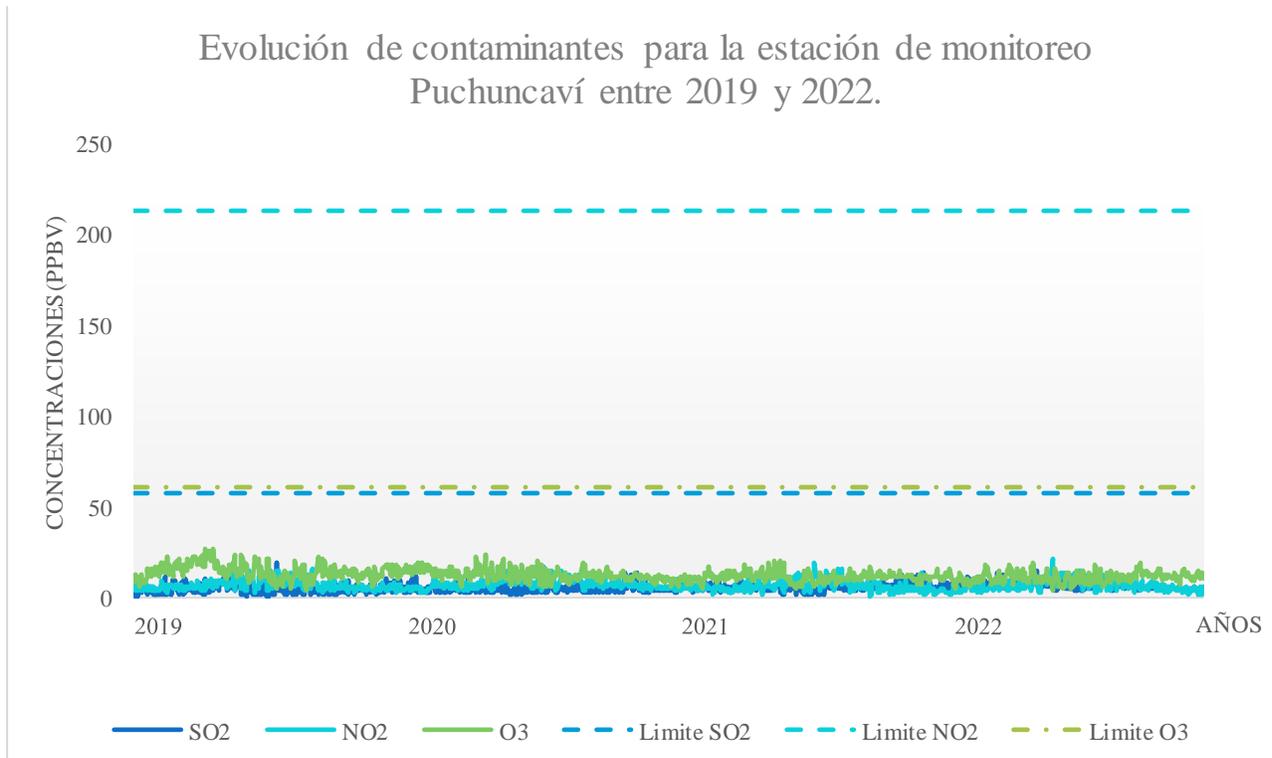


### Anexo F. Gráficos para contaminantes en estación Ventanas.

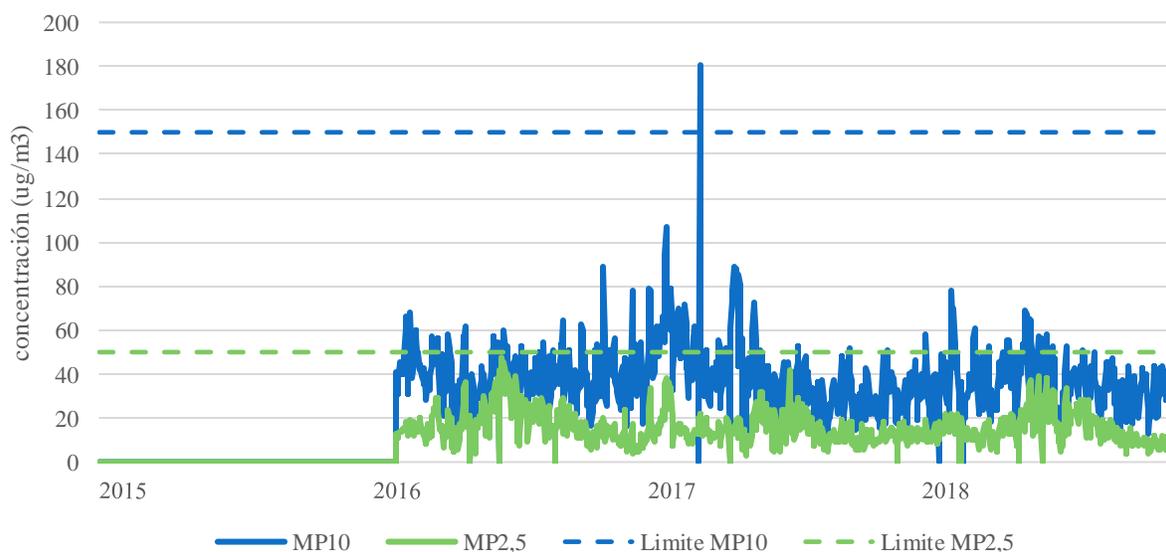




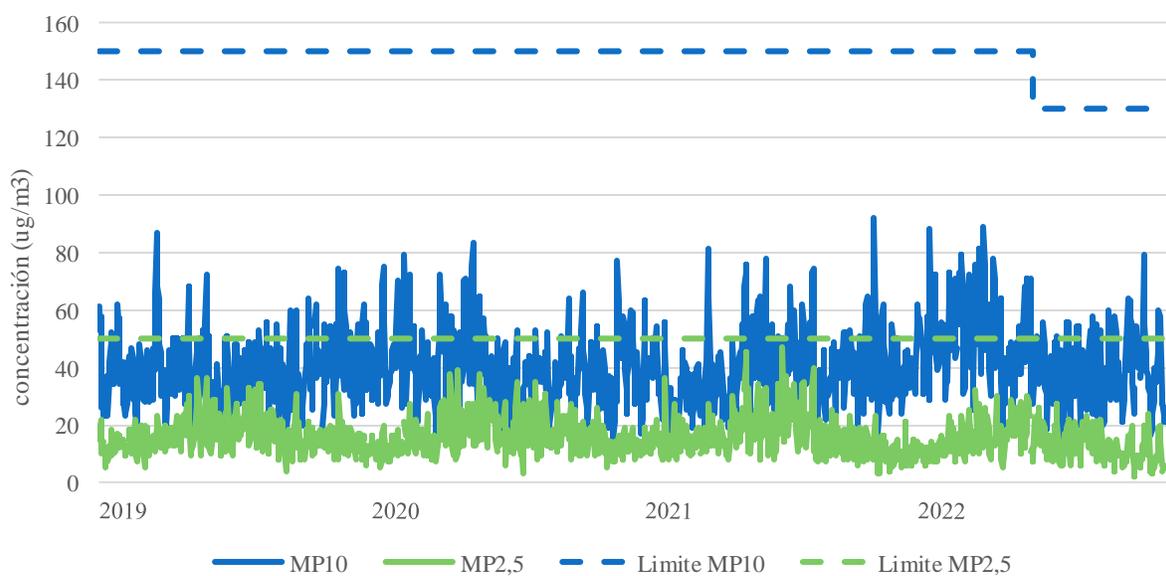
### Anexo G. Gráficos para contaminantes en estación Puchuncaví.



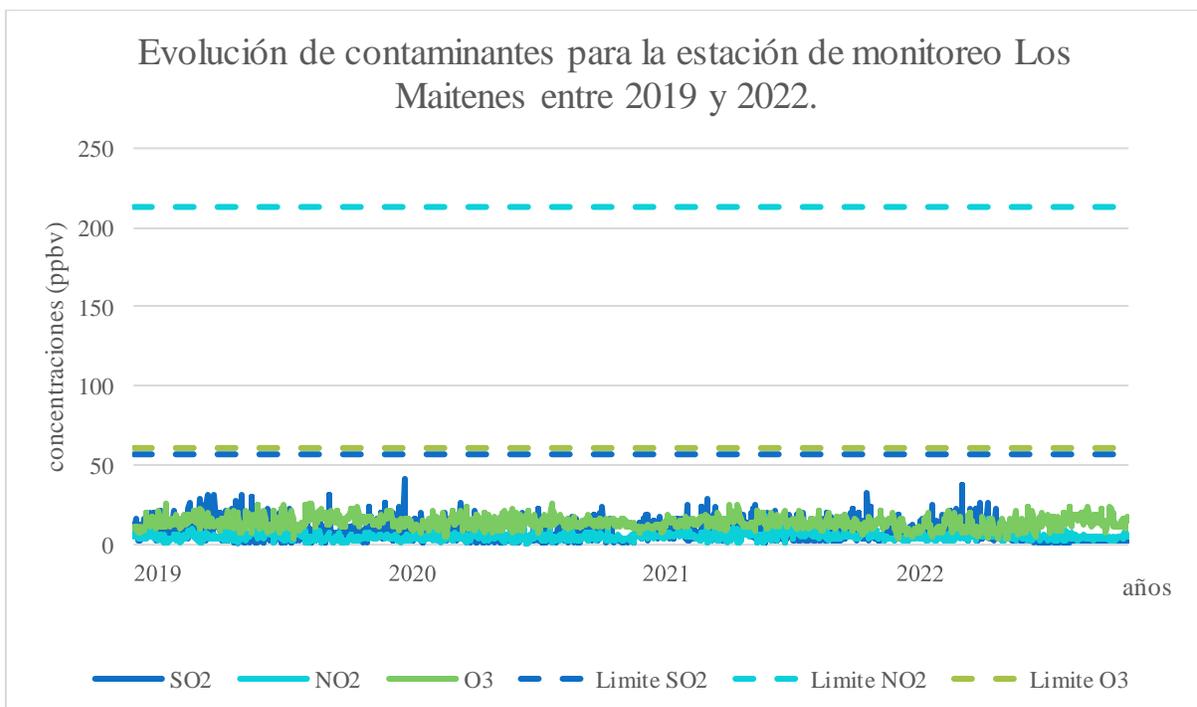
Evolución de concentraciones de material particulado en la estación Puchuncaví entre 2015 y 2018.



Evolución de concentraciones de material particulado en la estación Puchuncaví entre 2019 y 2022.



### Anexo H. Gráficos de contaminantes en estación Los Maitenes.



### Anexo I. Parámetros para la calidad del aire en Estados Unidos y Canadá.

| Contaminante | Concentración | Estados Unidos  | Canadá          |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|
| $MP_{2,5}$   | diaria        | $35 \mu g/m^3$  | $27 \mu g/m^3$  |
|              | anual         | $12 \mu g/m^3$  | $8.8 \mu g/m^3$ |
| $MP_{10}$    | diaria        | $150 \mu g/m^3$ | -               |
|              | anual         | -               | -               |
| $SO_2$       | diaria        | 14 ppb          | 70 ppb          |
|              | anual         | 30 ppb          | 5 ppb           |
| $NO_2$       | por hora      | 100 ppb         | 60 ppb          |
|              | anual         | 53 ppb          | 17 ppb          |
| $O_3$        | 8 horas       | 70 ppb          | 62 ppb          |

Fuente: (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente, 2021; EPA, 2022)

**Anexo J. Efectos tóxicos en trabajadores después de la exposición ocupacional a arsénico.**

| Efectos                    | Consecuencias                                                                                                                                                                                              | Concentración más baja que emite un efecto en la salud |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Efectos respiratorios      | Irritación de las vías respiratorias superiores en trabajadores expuestos al polvo de arsénico.                                                                                                            | 0.1-1 mg As/m <sup>3</sup>                             |
| Efectos neurológicos       | Después de la inhalación de arsenico inorgánico, existe neuropatía periférica en trabajadores.                                                                                                             | 0.05 mg As/m <sup>3</sup>                              |
| Efectos gastrointestinales | Náuseas y anorexia en un trabajador expuesto al polvo de trióxido de arsénico; No se dispone de otros estudios con datos cuantitativos de exposición.                                                      | 0.11 mg As/m <sup>3</sup>                              |
| Efectos cardiovasculares   | Los trabajadores de la fundición expuestos a polvos de trióxido de arsénico tienen una mayor incidencia de la enfermedad de Raynaud y una mayor constricción de los vasos sanguíneos en respuesta al frío. | 0.05-0.5 mg As/m <sup>3</sup>                          |

Fuente: European Comission, 2001.

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA  
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |                                                                                                                                                 |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Departamento de Ingeniería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            | Civil Industrial                                                                                                                                |             |
| Título                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            | Propuesta de medidas de gestión ambiental para la salud de la población y el medio ambiente en la zona de sacrificio bahía Quintero-Puchuncaví. |             |
| Nombre Memorista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            | Sofía Andrea Marín Vergara                                                                                                                      |             |
| Modalidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Presencial | Profesor(es) Patrocinante                                                                                                                       |             |
| Concepto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            | María Magdalena Jensen Castillo                                                                                                                 |             |
| Calificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |                                                                                                                                                 |             |
| Fecha                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 31/03/2023 | Ingeniero Supervisor                                                                                                                            | Institución |
| Comisión (Nombre y Firma)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |                                                                                                                                                 |             |
| Cristián Mardones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                 |             |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |                                                                                                                                                 |             |
| <p>La zona de sacrificio Quintero-Puchuncaví es una comunidad afectada por contaminaciones provenientes de empresas pertenecientes al Complejo Industrial Ventanas. Las emisiones de estas industrias han desencadenado una serie de eventos contaminantes que han afectado negativamente la salud y la calidad de vida de la población local, desde episodios críticos de intoxicación hasta la disminución de actividades productivas como la pesca y la agricultura. Esta investigación hace un análisis de los impactos ambientales, económicos y sociales sobre la zona de sacrificio, como también profundiza en la normativa de gestión ambiental actual en el país que permite esta contaminación, comparándola con medidas internacionales más estrictas y estudiando las concentraciones de contaminantes controladas en diferentes estaciones de monitoreo del sector, demostrando que la normativa aplicable existente no es suficiente para prevenir estos problemas. Finalmente, este estudio propone cinco medidas de gestión ambiental que puedan ayudar a controlar la contaminación emitida, tales como creación de nuevas normas de calidad de aire, suelos y aguas, en conjunto a una mayor participación social que se vea reflejada en la inversión social que implementen las empresas tanto públicas como privadas que están involucradas. De esta forma, prevenir y evitar la propagación de nuevas denominadas zonas de sacrificio.</p> |            |                                                                                                                                                 |             |

