



**ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS
ECONÓMICO DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES PARA
SECTOR DE PROCESAMIENTO DE RECURSOS
HIDROBIOLÓGICOS**
ID Licitación: 608897-98-LE20

Estudio solicitado por la Subsecretaría del Medio Ambiente

INFORME FINAL

Santiago, 10 de noviembre de 2021

Título del Proyecto

Antecedentes para la elaboración del análisis económico de la norma de emisión de olores para sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos

Autores:

Jefe de proyecto: Luis Cifuentes

Ingeniero de proyecto: María Teresa Alarcón

Dictuc S.A.

Vicuña Mackenna N° 4860, Macul – Santiago

Datos Mandante

Razón Social: Subsecretaría del Medio Ambiente

RUT: 61.979.930-5

Dirección: Avenida Alameda Libertador Bernardo

O'Higgins 1449

Datos Cliente (si es distinto al Mandante)

Razón Social:

RUT :

Resumen

El objetivo de este estudio es levantar antecedentes e insumos necesarios para realizar la evaluación económica del impacto regulatorio de una Norma de Emisión de Olores para el sector de Procesamiento de Recursos Hidrobiológicos, considerando distintos escenarios de regulación.

Cuerpo del informe

204 hojas (incluye portada)

Fecha del informe

10/noviembre/2021

Información Contractual

Correlativo Contrato: 2965

OC N°: 608897-1-SE21

Contraparte técnica

Nombre: Daniela Caimanque

Cargo: Profesional Departamento Ruido, Lumínica y Olores

E-mail: DCaimanque@mma.gob.cl

Sr. Luis Cifuentes
Director GreenLab
Dictuc S.A.

Sr. Felipe Bahamondes
Gerente General
Dictuc S.A.

Equipo de Trabajo

Luis Abdón Cifuentes Lira, Ingeniero Civil Estructural
Ph.D. en Ingeniería y Políticas Públicas
lac@ing.puc.cl

Fabio Carrera, Ingeniero Químico
Ph. D. en Ingeniería Química, Universidad de Santiago de Comspotela
fabio.carrera@pucv.cl

Camila Cabrera, Ingeniero Civil Industrial
M.Sc. en Política y Regulación Ambiental
c.cabrera@dictuc.cl

Jorge Dumont Arenas, Ingeniero Civil Bioquímico,
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
jorge.dumont@aqom.cl

María Teresa Alarcón,
Ingeniero Civil en Biotecnología Ambiental
m.alarcon@dictuc.cl

Felipe Soto, Estudiante
Ingeniero Civil Industrial, mención Ambiental
fasoto3@uc.cl

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	I
Lista de Tablas.....	IV
Lista de Figuras.....	VIII
Acrónimos y Abreviaturas.....	X
1. Introducción	11
2. Objetivos del estudio	12
2.1 Objetivo general.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. Antecedentes.....	13
3.1 Identificación de plantas de harina y aceite de pescado y de alimento para peces	13
3.1.1 Entrevistas a titulares	16
3.1.2 Revisión documentos oficiales de plantas del sector.....	18
3.2 Caracterización de plantas de harina y aceite de pescado	19
3.3 Caracterización de plantas de alimento para peces	26
3.4 Análisis de convergencia entre la propuesta de norma y otros instrumentos regulatorios y otras iniciativas.....	29
4. Descripción de los procesos productivos.....	31
4.1 Plantas de harina y aceite de pescado.....	31
5. Tecnologías de reducción de olores	36
5.1 Tratamientos biológicos.....	43
5.1.1 Tratamiento con bacterias y probióticos	43
5.1.2 Biofiltro.....	44
5.1.3 Bioscrubber	46
5.1.4 Biotrickling	48
5.2 Tratamientos fisicoquímicos	50
5.2.1 Condensador	50
5.2.2 Filtro de carbón activado	52
5.2.3 Incineración.....	55
5.2.4 Sistema de atomización de agentes neutralizantes	56

5.2.5	<i>Tratamiento luz UV/Ozono</i>	58
5.2.6	<i>Oxidación térmica</i>	60
5.2.7	<i>Plasma frio/no térmico</i>	61
5.2.8	<i>Scrubber Químico</i>	63
5.3	Tecnologías utilizadas en el país	66
5.4	Costos para medidas de reducción	69
5.4.1	<i>Costos levantados de literatura</i>	69
5.4.2	<i>Costos levantados de la experiencia nacional</i>	72
5.5	Valores a utilizar en el análisis de costos	80
6.	Resultados Modelación	84
6.1	Consideraciones técnicas de la modelación	85
6.2	PHAs con EIO	86
6.2.1	<i>PHA 02</i>	86
6.2.2	<i>PHA 04</i>	87
6.2.3	<i>PHA 06</i>	89
6.2.4	<i>PHA 07</i>	90
6.2.5	<i>PHA 09</i>	91
6.2.6	<i>PHA 13</i>	93
6.2.7	<i>PHA 17</i>	94
6.2.8	<i>PHA 18</i>	96
6.2.9	<i>PHA 20</i>	97
6.2.10	<i>PHA 21</i>	98
6.2.11	<i>PHA 23</i>	100
6.3	PHAs sin EIO	101
6.3.1	<i>PHA 01</i>	101
6.3.2	<i>PHA 03</i>	102
6.3.3	<i>PHA 05</i>	103
6.3.4	<i>PHA 08</i>	105
6.3.5	<i>PHA 10</i>	106
6.3.6	<i>PHA 11</i>	107
6.3.7	<i>PHA 12</i>	108

6.3.8	PHA 14.....	109
6.3.9	PHA 15.....	110
6.3.10	PHA 16.....	110
6.3.11	PHA 19.....	111
6.3.12	PHA 22.....	113
6.3.13	PHA 24.....	113
6.4	Análisis de la tasa de emisión de olor por planta	114
6.4.1	Plantas con EIO	116
6.4.2	Plantas sin EIO.....	122
6.5	Principales hallazgos de los resultados de la modelación	124
7.	Cumplimiento normativo	125
7.1	Propuesta regulatoria preliminar para el sector	125
7.2	Titulares afectos a la normativa	126
7.3	Consideraciones técnicas para la aplicabilidad de medidas de reducción de olores ..	128
7.3.1	Análisis de costo efectividad	131
7.4	Escenarios de cumplimiento	131
8.	Análisis de costos	134
8.1	Costos para titulares afectos a la normativa	134
8.1.1	Costo de implementación de tecnologías y técnicas	135
8.1.2	Costos de instrumentos, reporte y seguimiento para la medición de olores.....	136
8.1.3	Costo de cumplimiento	141
8.2	Costos para el Estado asociados a la normativa	147
8.3	Costos para el sector productivo	151
9.	Identificación de beneficios y cobeneficios	153
9.1	Población potencialmente beneficiada según pluma de olor	155
9.1.1	Datos y metodología.....	155
9.1.2	Resultados.....	156
9.2	Búsqueda de experiencias de valoración de beneficios asociados a reducción de olor a nivel nacional e internacional	157
9.3	Análisis de las experiencias para la aplicabilidad en Chile.....	165
9.4	Identificación de cobeneficios asociados a la reducción de olores	169

9.4.1	<i>Análisis cualitativo de cobeneficios asociados a la reducción de olores</i>	171
10.	Conclusiones	176
11.	Bibliografía	182
12.	Anexo 1: Resumen documentos de buenas prácticas operacionales	187
13.	Anexo 2: Análisis de criterio para tamaño de empresa	190
14.	Anexo 3: Análisis de Impacto del Tratamiento Físicoquímico	192
14.1	Introducción.....	192
14.2	Datos y filtrado	192
14.3	Grupo tratamiento.....	192
14.4	Matching.....	193
14.5	Especificación	193
14.6	Resultados	194
14.7	Conclusión y limitaciones	194
14.8	Anexos	195
15.	Anexo 4: Mapas de cruce de densidad poblacional y pluma de olor por comuna	196

Lista de Tablas

Tabla 3-1.	Resumen categorías base de datos plantas.....	14
Tabla 3-2.	Reuniones con organismos asociados a la normativa	16
Tabla 3-3.	Lista de titulares entrevistados en reuniones para mejorar el diagnóstico para la Norma de Olores.....	17
Tabla 3-4.	Distribución regional por titular PHA.....	20
Tabla 3-5.	Características de la planta por zona PHA	21
Tabla 3-6.	Tipo de conducción de vahos PHA.....	21
Tabla 3-7.	Tratamiento de vahos PHA	22
Tabla 3-8.	Tratamiento de vahos incondensables en PHA	22
Tabla 3-9.	Toneladas procesadas 2020 PHA.....	23
Tabla 3-10.	Distribución regional por titular PAP	26
Tabla 3-11.	Tratamiento de vahos PAP.....	27
Tabla 3-12.	Capacidad de producción PAP	27
Tabla 5-1.	Resumen de tecnologías por sector de origen y vahos para plantas de harina y aceite de pescado, y de alimento para peces	42
Tabla 5-2.	Eficiencia de reducción tratamiento con bacterias y probióticos	43

Tabla 5-3 Costos tratamiento con bacterias y probióticos.....	44
Tabla 5-4. Eficiencia de reducción biofiltro	46
Tabla 5-5. Costos biofiltro	46
Tabla 5-6. Eficiencia de reducción bioscrubber	48
Tabla 5-7. Costos bioscrubber.....	48
Tabla 5-8. Eficiencia de reducción biotrickling	50
Tabla 5-9. Costos biotrickling.....	50
Tabla 5-10. Eficiencia de reducción condensador	52
Tabla 5-11. Costos condensador.....	52
Tabla 5-12. Eficiencia de reducción filtro de carbón activado.....	54
Tabla 5-13. Costos filtro de carbón activado	54
Tabla 5-14. Eficiencia de reducción incineración.....	56
Tabla 5-15. Costos incineración	56
Tabla 5-16. Eficiencia de reducción de sistema atomización de agentes neutralizantes	58
Tabla 5-17. Costos sistema atomización de agentes neutralizantes	58
Tabla 5-18. Eficiencia de reducción de tratamiento luz UV/Ozono	59
Tabla 5-19. Costos tratamiento luz UV/Ozono	59
Tabla 5-20. Eficiencia de reducción oxidación térmica	61
Tabla 5-21. Costos oxidación térmica.....	61
Tabla 5-22. Eficiencia de reducción plasma no térmico	63
Tabla 5-23. Costos plasma no térmico.....	63
Tabla 5-24. Eficiencia de reducción scrubber químico	65
Tabla 5-25. Costos scrubber químico.....	65
Tabla 5-26. Comparación general de tecnologías utilizadas en el país	67
Tabla 5-27. Vida útil de tecnologías levantadas de literatura	68
Tabla 5-28. Resumen de eficiencias y costos de medidas de reducción de olores	70
Tabla 5-29. Cotizaciones oficiales levantadas.....	73
Tabla 5-30. Costos no oficiales levantados.....	76
Tabla 5-31. Resumen comparativo de costos unitarios	79
Tabla 5-32. Costos de implementación para utilizar en análisis de costos	82
Tabla 6-1. Tasa de emisión PHA02 (Enero a Junio).....	86
Tabla 6-2. Tasa de emisión PHA02 (Julio a Diciembre).....	86
Tabla 6-3. Tasa de emisión PHA04 (Enero a Junio).....	87
Tabla 6-4. Tasa de emisión PHA04 (Julio a Diciembre).....	88
Tabla 6-5. Tasa de emisión PHA06 (Enero a Junio).....	89
Tabla 6-6. Tasa de emisión PHA06 (Julio a Diciembre).....	89
Tabla 6-7. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA07.....	90
Tabla 6-8. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA07.....	90
Tabla 6-9. Tasa de emisión PHA09. (Enero a Junio).....	92
Tabla 6-10. Tasa de emisión PHA09. (Julio a Diciembre).....	92
Tabla 6-11. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA13.....	93
Tabla 6-12. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA13.....	93

Tabla 6-13. Tasa de emisión PHA17.....	95
Tabla 6-14. Tasa de emisión PHA18. (Enero a Junio).....	96
Tabla 6-15. Tasa de emisión PHA18. (Julio a Diciembre).....	96
Tabla 6-16. Tasa de emisión PHA20. (Enero a Junio).....	97
Tabla 6-17. Tasa de emisión PHA20. (Julio a Diciembre).....	98
Tabla 6-18. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA21.....	99
Tabla 6-19. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA21.....	99
Tabla 6-20. Tasa de emisión PHA23 (Enero a Junio).....	100
Tabla 6-21. Tasa de emisión PHA23 (Julio a Diciembre).....	100
Tabla 6-22. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA01.....	101
Tabla 6-23. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA01.....	102
Tabla 6-24. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA03.....	102
Tabla 6-25. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA03.....	103
Tabla 6-26. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA05.....	104
Tabla 6-27. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA05.....	104
Tabla 6-28. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA08.....	105
Tabla 6-29. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA08.....	105
Tabla 6-30. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA10.....	106
Tabla 6-31. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA10.....	106
Tabla 6-32. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA11.....	107
Tabla 6-33. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA11.....	107
Tabla 6-34. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA12.....	108
Tabla 6-35. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA12.....	108
Tabla 6-36. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA14.....	109
Tabla 6-37. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA14.....	109
Tabla 6-38. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA15.....	110
Tabla 6-39. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA15.....	110
Tabla 6-40. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA16.....	110
Tabla 6-41. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA16.....	111
Tabla 6-42. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA19.....	112
Tabla 6-43. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA19.....	112
Tabla 6-44. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA22.....	113
Tabla 6-45. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA22.....	113
Tabla 6-46. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA24.....	113
Tabla 6-47. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA24.....	113
Tabla 6-48. Ranking tasa de emisión por planta (OU _E /s) (promedio mensual).....	114
Tabla 6-49. Zonificación de las fuentes de PHA.....	115
Tabla 6-50. Tasa de emisión por zona para PHA02.....	116
Tabla 6-51. Tasa de emisión por zona para PHA04.....	116
Tabla 6-52. Tasa de emisión por zona para PHA06.....	117
Tabla 6-53. Tasa de emisión por zona para PHA07.....	117
Tabla 6-54. Tasa de emisión por zona para PHA09.....	118

Tabla 6-55. Tasa de emisión por zona para PHA13	118
Tabla 6-56. Tasa de emisión por zona para PHA17	119
Tabla 6-57. Tasa de emisión por zona para PHA18	119
Tabla 6-58. Tasa de emisión por zona para PHA20	120
Tabla 6-59. Tasa de emisión por zona para PHA21	120
Tabla 6-60. Tasa de emisión por zona para PHA23	121
Tabla 6-61. Tasa de emisión por zona para plantas sin EIO	122
Tabla 6-62. Resumen zonas y fuentes con la mayor tasa de emisión odorante, por planta.....	124
Tabla 7-1. Resumen de tecnologías a nivel nacional por PHA.....	126
Tabla 7-2. Identificación de PHA que deberán implementar o mejorar tecnología actual para cumplimiento de exigencia normativa	127
Tabla 7-3. Consideraciones técnicas de las tecnologías de abatimiento seleccionadas	128
Tabla 7-4 Análisis de aplicabilidad de medidas para cada planta	130
Tabla 7-5 Escenarios de cumplimiento normativo	132
Tabla 7-6. Medidas a implementar para cada escenario normativo, según características específicas de emisión de olores de cada planta.....	133
Tabla 8-1. Costos de implementación total de tecnología y captación.....	135
Tabla 8-2. Costos reportados de instrumentos de medición	137
Tabla 8-3. Información requerida por reporte de inicio, cumplimiento y/o seguimiento	140
Tabla 8-4. Costos para el cumplimiento de la normativa	142
Tabla 8-5. Rango de costos para el año 1 de la normativa para cada planta, según escenario (considera la suma del costo de inicio y de cumplimiento)	145
Tabla 8-6. Rango de costos anuales para seguimiento de la normativa para cada planta	146
Tabla 8-7. Resumen presupuesto actividades de fiscalización 2018 para PPDA.....	148
Tabla 8-8. Resumen presupuesto actividades de fiscalización 2021 para PPDA.....	148
Tabla 8-9. Costo de actividades de fiscalización por ítem	149
Tabla 8-10. Costos de gestión y seguimiento del PDA.....	150
Tabla 8-11 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs.....	150
Tabla 8-12 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs.....	150
Tabla 9-1. Potenciales beneficiarios por comuna.....	154
Tabla 9-2 Población potencialmente beneficiada según nivel de olor.....	157
Tabla 9-3. Resumen de antecedentes que estiman la externalidad “olores”	161
Tabla 9-4. Antecedentes seleccionados para Precios Hedónicos (PH).....	166
Tabla 9-5. Antecedentes seleccionados para Valoración Contingente (VC)	168
Tabla 9-6. Niveles de emisión asociados a componentes provenientes de una PHA	171
Tabla 9-7. Emisiones reportadas para el procesamiento de una tonelada de pescado procesado en una PHA.....	172
Tabla 9-8. Normativa internacional de referencia en documentos oficiales del SEIA	173
Tabla 9-9. Compuestos registrados de documentos oficiales.	174
Tabla 10-1 Resumen costos unitarios (por planta) por escenario.....	179

Tabla 10-2 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs.....	179
Tabla 10-3. Compuestos registrados de documentos oficiales.....	180
Tabla 13-1 Tamaño de PHA según toneladas de materia prima procesada para el período 2016-2020	190
Tabla 13-2 Clasificación de tamaño de plantas para PHA en el período 2016-2020.....	191
Tabla 14-1. Clasificación de grupos.....	192
Tabla 14-2. Resultados de las regresiones.....	194

Lista de Figuras

Figura 3-1. Identificación de distancia a receptores residenciales (en color azul) e industriales (color rojo) para cada planta	25
Figura 3-2. Identificación de distancia a receptores residenciales (en color azul) e industriales (en color rojo) para cada planta.....	28
Figura 4-1 Diagrama de procesos - planta tipo de harina y aceite de pescado.....	32
Figura 5-1 Guía de tecnologías limpias en el ámbito de Olores	38
Figura 5-2. Imagen explicativa para el biofiltro	44
Figura 5-3. Imagen explicativa para el bioscrubber.....	47
Figura 5-4. Imagen explicativa para el biotrickling	49
Figura 5-5. Imagen explicativa para el condensador	51
Figura 5-6. Imagen explicativa para filtro de carbón activado	53
Figura 5-7. Imagen explicativa para el Incinerador	55
Figura 5-8. Imagen explicativa para el sistema de atomización de agentes neutralizantes	57
Figura 5-9. Imagen explicativa para el tratamiento luz UV/Ozono	58
Figura 5-10. Imagen Explicativa para el tratamiento de oxidación térmica.....	60
Figura 5-11. Imagen Explicativa para plasma no térmico.....	62
Figura 5-12. Imagen explicativa para el scrubber químico	64
Figura 5-13. Comparación de costos de tratamiento para gases contaminantes.....	69
Figura 5-14. Comparación de los costos de inversión obtenidos de la literatura	71
Figura 5-15. Costo referencial de inversión en UF para equipos de tratamiento,	79
Figura 6-1. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA02.....	87
Figura 6-2. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA04.....	88
Figura 6-3. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA06.....	90
Figura 6-4. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA07.....	91
Figura 6-5. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA09.....	93
Figura 6-6. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA18.....	97
Figura 6-7. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA20.....	98
Figura 6-8. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA21.....	100

Figura 6-9. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA23..... 101

Figura 6-10. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA01..... 102

Figura 6-11. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA03..... 103

Figura 6-12. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA05..... 104

Figura 6-13. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA08..... 105

Figura 6-14. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA10..... 107

Figura 6-15. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA11..... 108

Figura 6-16. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA12..... 109

Figura 6-17. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA16..... 111

Figura 6-18. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA19..... 112

Figura 9-1 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coronel 156

Figura 9-2. Emisiones de gases invernadero proveniente de pesqueras y acuicultura (de color azul) comparado con carne proveniente de la agricultura y ganadería (de color rojo)..... 170

Figura 13-1 Cambios en el número de empresas por tamaño en el período 2016-2020 191

Figura 14-1. Soporte variables de control post-matching. 193

Figura 15-1 Mapa población afectada según pluma de olor, en Arica 196

Figura 15-2 Mapa población afectada según pluma de olor, en Caldera 197

Figura 15-3 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coquimbo 197

Figura 15-4 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coronel 198

Figura 15-5 Mapa población afectada según pluma de olor, en Corral 198

Figura 15-6 Mapa población afectada según pluma de olor, en Iquique 199

Figura 15-7 Mapa población afectada según pluma de olor, en Lota 199

Figura 15-8 Mapa población afectada según pluma de olor, en Mejillones 200

Figura 15-9 Mapa población afectada según pluma de olor, en Porvenir 200

Figura 15-10 Mapa población afectada según pluma de olor, en Talcahuano 201

Acrónimos y Abreviaturas

ASIPES	Asociación de Industriales Pesqueros A.G.
ASIPNOR	Asociación de Industriales Pesqueros del Norte Grande A.G.
CFM	Pies cúbicos por minuto (por sus siglas en ingles <i>cubic feet per minute</i>)
CNE	Centro Nacional de Energía
DAF	Flotación por Aire Disuelto (<i>dissolved air flotation</i>)
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EIO	Estudio de Impacto Odorante
EPA	Agencia de Protección Ambiental (por sus siglas en ingles <i>Environmental Protection Agency</i>)
FE	Factor de emisión
FO	Factor de operación
INTESAL	Instituto Tecnológico del Salmón
IOA	Índice de acuerdo (<i>Index of Agreement</i>)
LavGases AD	Lavadores de gases con agua de mar
LavGases AM	Lavadores de gases con agua dulce
LavGases Q1	Lavador de gases químico de una etapa
LavGases Q3	Lavador de gases químico de dos etapas
LavGases UV-O3	Lavador de gases con UV-Ozono
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MTD	Mejores técnicas disponibles
NCEP	National Center for Environmental Prediction
OU	Unidad de olor (<i>odour unit</i>)
PAP	Planta de Alimento para Peces
PHA	Planta de Harina y Aceite de Pescado
PRAS	Programa para la Recuperación Ambiental y Social
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
RIL	Residuo Industrial Líquido
RMSE	raíz del error cuadrático medio (<i>root-mean-square deviation</i>)
RTO	Oxidante Térmico Regenerativo (<i>Regenerative Thermal Oxidizer</i>)
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
SNIFA	Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental
SONAPESCA F.G.	Sociedad Nacional de Pesca
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
TEO	Tasa de emisión
UF	Unidad de fomento
VOC	Compuestos Orgánicos Volátiles
WRF	Weather Research and Forecasting (modelo para la investigación y pronóstico del tiempo)

1. Introducción

La Estrategia para la Gestión de Olores en Chile, en su actualización del año 2017, contiene dentro de sus pilares el fortalecimiento regulatorio de olores de cinco sectores prioritarios, dentro de ellos el sector pesquero.

El presente estudio cumple la función de generación de antecedentes para el análisis de una propuesta normativa de olores asociadas al sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. Así, generará insumos relevantes para la identificación del sector industrial a regular, las fuentes afectas a la normativa y las alternativas de medidas para el cumplimiento de regulación de olores, analizando incluso diferentes escenarios de cumplimiento, tanto en términos económicos como en cuanto a factibilidad de implementación.

El estudio se desarrolla comenzando con los objetivos principales y específicos, para luego presentar los antecedentes, obtenidos de los resultados del estudio recientemente terminado de generación de antecedentes (Envirometrika, 2020b). Se presenta la generación de una base de datos de fuentes afectas a la normativa de olores y se caracteriza el sector productivo en términos operativos, administrativos, geográficos y en cuanto a parámetros relevantes para la estimación de la generación de olores.

Luego se presenta una descripción unificadora de los procesos productivos a analizar a lo largo del desarrollo del estudio para luego presentar las tecnologías existentes y costos asociados a la reducción de emisiones de olor. Las alternativas para reducción de emisiones de olor se abordan en términos de revisión nacional e internacional de referencias para culminar con un análisis de la realidad nacional del sector, facilitado por medio de la realización de entrevistas a todos los titulares afectos a una normativa de olores.

Los últimos capítulos del informe presentan los resultados de la modelación de las Plantas de harina y aceite de pescado, comenzando con las emisiones y concentraciones en receptores relevantes, para luego presentar escenarios de reducción por cumplimiento normativo. A partir de la modelación de emisiones de olor se realiza un análisis de costos de la normativa para titulares afectos, para el Estado y para el sector productivo. Se finaliza con una identificación de potenciales cobeneficios y una identificación preliminar de beneficios y su valorización.

2. Objetivos del estudio

2.1 Objetivo general

Levantar antecedentes e insumos necesarios para realizar la evaluación económica del impacto regulatorio de una Norma de Emisión de Olores para el sector de Procesamiento de Recursos Hidrobiológicos, considerando distintos escenarios de regulación.

2.2 Objetivos específicos

- a) **Componente 1:** Revisar, corregir y/o validar la base de datos de plantas, en territorio nacional, pertenecientes al sector procesamiento de recursos hidrobiológicos, así como también consolidar información sobre propuesta de escenarios regulatorios y número de plantas afectas por la(s) exigencia(s).
- b) **Componente 2:** Evaluar cumplimiento para distintos escenarios de medidas y de propuesta regulatoria, de acuerdo con la propuesta de la contraparte, y a partir de la información recopilada con que se disponga en el marco del Estudio "Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olores para centros de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos", que actualmente está siendo realizado por The Synergy Group SpA.¹
- c) **Componente 3:** Identificar y cuantificar costos y cobeneficios económicos asociados a la propuesta regulatoria, evaluando la costo-efectividad de la propuesta normativa y proponer mejoras en base a evidencia cuantificable.

¹ El estudio ya se encuentra terminado para la fecha de entrega del presente informe.

3. Antecedentes

El presente capítulo revisa, valida y complementa la información previa generada por el estudio “Generación de Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para Centros de Cultivos y Plantas Procesadoras de Recursos Hidrobiológicos” (Envirometrika, 2020b), de manera de poder identificar las plantas afectas a la normativa a analizar, caracterizar el sector productivo y finalmente analizar la convergencia de cualquier otro instrumento regulatorio con la normativa de olores a analizar.

3.1 Identificación de plantas de harina y aceite de pescado y de alimento para peces

El estudio “Generación de Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para Centros de Cultivos y Plantas Procesadoras de Recursos Hidrobiológicos” del año 2021 identifica las actividades potencialmente generadoras de olores asociadas al sector productivo de Centros de Cultivos y Plantas Procesadoras de Recursos Hidrobiológicos, estas se listan a continuación.

- Plantas Pesqueras
 - Obtención de harina y aceite de pescado
 - Productos frescos
 - Congelados
 - Conservas en base a pescados y moluscos
 - Pescado seco, húmedo y ahumado
 - Líneas productivas para el procesamiento de algas y la obtención de productos como algas secas y deshidratadas, Agar Agar, Carragenina, Colagar, Alginato.
- Acuicultura/Centros de Cultivo.
 - Actividades relacionadas con el cultivo de peces principalmente, seguido de moluscos, algas y crustáceos.
- Plantas de elaboración de alimentos para peces
- Talleres de redes
- Plantas de carbonato de calcio

El presente estudio y análisis se centra en las plantas de elaboración de harina y aceite de pescado (PHA) y plantas de elaboración de alimento para peces (PAP), actividades generadoras de olor que fueron recomendadas a normar como resultado del estudio de Envirometrika (2020b).

Del estudio de Envirometrika (2020b) se obtiene una base de datos inicial de PHA y PAP a lo largo del país. A lo largo de este capítulo se dejará en evidencia el trabajo realizado para la validación, complementación y corrección de dicha base de datos, de manera de contar con el universo completo de estas plantas en el país.

La consolidación de información para la generación de una base de datos única y actualizada también implicó un fuerte trabajo de consolidación de terminología. Esto permite que el análisis posterior de la base de datos sea más fácil de realizar y las diferentes metodologías utilizadas para caracterizar las fuentes de olores (a partir de cada fuente de información), sea finalmente comparable en esta nueva base de datos única.

Es por esto que una parte clave para la elaboración de la base de datos final es la definición de la nomenclatura unificada, con terminología común y claramente definida, de manera de poder definir y catalogar de manera adecuada los procesos aplicados. Con este fin, se presentan a continuación las categorías presentes en la base de datos, con una descripción de su contenido.

Tabla 3-1. Resumen categorías base de datos plantas

Categoría	Descripción
ID_GL único	Identificador único, definido por el equipo consultor, para poder realizar análisis de las plantas, guardando la confidencialidad de la información
Titular	Se identifica al titular asociado a cada planta, con el rut y el año de inicio de sus actividades económicas
Nombre	Nombre de la planta
Tamaño económico	Tamaño de la planta, asociado al tamaño económico de la empresa titular
Gremio al que pertenece	Gremio al que pertenece la planta, si es que pertenece a uno
Tipo de Producción	Presenta las líneas de operación, según la categorización de SERNAPESCA
Ubicación planta	Se identifica la ubicación de la planta con coordenadas de geolocalización, así también como región, provincia y comuna
Tipología planta	Identifica si la planta es de elaboración de harina y aceite de pescado o planta de elaboración de alimento para peces
Uso de materia prima	Se presenta el uso de materia prima según lo declarado a SERNAPESCA, lo obtenido de EIA/DIA o RCA y/o declarado por la empresa en las entrevistas
Capacidad planta	Se presenta la capacidad de la planta según lo obtenido de EIA/DIA o RCA y/o declarado por la empresa en las entrevistas (ya sea en producción de harina y aceite o pellet)
Documentación relevante	Se identifica la documentación oficial asociada a la planta ya sea RCA, DIA y/o EIA, el número y año de publicación de dicho documento
Año inicio operación planta	Año de inicio de operación de la planta en sí (puede ser diferente al año de inicio de operaciones asociado al titular)
Receptor cercano	Se identifican el receptor más cercano, ya sea industrial y/o residencial, con su distancia, y concentración (si es que se encuentra disponible)
Resumen proceso	Se presenta un resumen de los procesos unitarios asociados a la elaboración de dicha planta

Captación de Vahos	de	Se identifica si es que la planta posee sistema de captación de vahos
Tratamiento vahos		Se identifica si es que la planta se encuentra abierta o cerrada, si cuenta con captación de vahos y tratamiento de estos (según el tipo de vaho que sea tratado)
Tratamiento de RILes	de	Se identifica la presencia de plantas de tratamiento de RILes (como fuente adicional de olores), el origen de los RILes a tratar (puede que no sean solo de las plantas de interés) y el tratamiento realizado para dichos RILes

Fuente: Elaboración propia.

Para cada categorización a incorporar, se busca identificar las fuentes de información, tanto de Envirometrika como de la complementación y validación del equipo consultor.

Se recibió, del estudio de Envirometrika (2020b), una base de datos de 68 plantas para el sector, tanto PHA como PAP. Esta base contaba con información administrativa de identificación de cada planta y titular, información geográfica de ubicación y caracterización, información operativa y finalmente información acerca de conflictos de olores. El equipo consultor realizó una revisión de toda la información de la base de datos recibida y se validó y complementó por medio de entrevistas directas a todos los titulares de la zona productiva y una revisión de documentación oficial (RCA, EIO, etc.). de manera general el equipo de Dictuc realiza las siguientes modificaciones:

- Información administrativa de identificación de cada planta y titular: se corrigen algunos datos de rut, se actualizan los titulares asociados a algunas plantas (las plantas han cambiado de dueño en diversas ocasiones).
- Información geográfica de ubicación y caracterización: se valida la ubicación geográfica en todas las reuniones, por lo cual se actualizan los puntos de localización, se identifica el punto central de cada planta.
- Información operativa: esta información se encontraba en un estado de desarrollo bastante bajo, por lo cual se detalla con recolección de vahos, tipo de procesos, medidas de reducción de emisiones de olor, etc. Se realiza una solicitud de información por transparencia a SERNAPESCA y envían información de materia prima declarada para 2016 a 2020 (por planta y tipo de pescado), esto se incorpora en la base de datos.
- Información acerca de conflictos de olores: esta información se menciona en las reuniones con los titulares, sin embargo, fue una búsqueda directa del equipo consultor del estudio previo, por lo cual no se realiza mayor validación.
- Nueva información: se genera nueva información con respecto a la identificación de plantas de tratamiento de RILes, identificación de los receptores más cercanos (industrial y residencial), entre otras.

De las 68 plantas de la BD original², se llegó a un número final de 33 plantas (las plantas finalmente analizadas en el presente informe), las plantas fueron eliminadas principalmente por las siguientes razones:

- Plantas identificadas como elaboradoras de aceite resultaron ser sólo refinadoras
- Se encontraron diversas plantas de producción de ingredientes o aditivos utilizados por las plantas elaboradoras de aceite o plantas de alimento para peces
- Plantas que no corresponden a PHA o PAP, sino que son plantas de tratamiento de RILes, planta de congelados, procesamiento de pescados (como producto fresco), planta de conservas.
- Plantas que ya no se encuentran en funcionamiento
- Duplicación de plantas por cambio de propietario

A continuación, se presentan las principales fuentes de información del equipo consultor.

3.1.1 Entrevistas a titulares

Para la caracterización del sector se realizaron entrevistas a las empresas afectas a la normativa, con el objetivo de obtener la información y datos objetivos de la realidad nacional. Durante estas entrevistas se abordaron aspectos generales y técnicos para cada planta asociada a los titulares entrevistados, con el fin de validar y completar la base de datos consolidada.

Previo a las entrevistas, se realizaron 2 reuniones dirigidas por la representante del Ministerio del Medio Ambiente, en la que participaron miembros de distintas asociaciones pesqueras (SONAPESCA, ASIPES, INTESAL) y empresas del rubro, con el objetivo de informar sobre el proceso normativo en materia de olores y plantear una modalidad de trabajo con los regulados para mejorar el diagnóstico que tenemos del sector pesquero. Además, se realizó una reunión a la subsecretaría de Pesca y de acuicultura en Chile (SUBPESCA) con el fin de buscar mayores fuentes de información para la complementación y validación de la base de datos.

Tabla 3-2. Reuniones con organismos asociados a la normativa

Fecha	Asunto	Participantes
31-mar	Norma Olores Sector Pesquero con Asociaciones	<u>Asociaciones:</u> ASIPES, SONAPESCA <u>Pesqueras:</u> Blumar, Orizon, Camanchaca, Foodcorp, Landes, Corpesca
05-abr	Norma Olores Sector Pesquero con Asociaciones (rezagados)	<u>Asociaciones:</u> INTESAL <u>Pesqueras:</u> Corpesca, Fiordo Austral, Lota Protein, Isla Quihua, La Portada
29-abr	Norma Olores Sector Pesquero reunión con SUBPESCA	Flor Uribe: Unidad ambiental de acuicultura

² El nombre original de la base de datos entregada por Envirometrika (2020) es “identificación plantas Nueva solicitud”

Fuente: Elaboración propia.

Luego de estas primeras reuniones, se optó por la modalidad de trabajo de entrevistas individuales con las empresas afectas a la normativa. Cada entrevista tuvo una duración de aproximadamente una hora. Las entrevistas estaban estructuradas y fueron dirigidas por un representante del equipo consultor.

Se realizaron entrevistas a 11 empresas elaboradoras de harina y aceite de pescado (PHA), y a 4 empresas productoras de alimentos para peces (PAP) enlistadas a continuación. Se debe destacar que cada titular puede tener más de una planta operativa. Las entrevistas contaron con la presencia del equipo consultor, representantes del MMA, y los participantes correspondientes de las empresas entrevistadas.

Tabla 3-3. Lista de titulares entrevistados en reuniones para mejorar el diagnóstico para la Norma de Olores

Titular	Tipo de planta
Alimentos Pesqueros SpA.	Planta de harina y aceite de pescado
Blumar S.A.	
Camanchaca Pesca Sur S.A.	
Compañía Pesquera Camanchaca S.A.	
Corpesca	
Fiordo Austral	
FoodCorp Chile S.A.	
Isla Quihua	
La Portada	
Lota Protein	
Orizon	
Sociedad Pesquera Landes S.A.	
Sopesa S.A.	
Biomar Chile S.A.	Planta de elaboración de alimento para peces
Cargill - Ewos	
Los Fiordos	
Nutreco - Skretting	
Salmones Antártica	
Vitapro Chile - Salmonfood	

Fuente: Elaboración propia.

El principal objetivo de las entrevistas fue caracterizar la planta, describir sus procesos y su nivel de actividad anual, y describir las tecnologías y buenas prácticas asociadas al abatimiento de olor. Cada entrevista presentó la siguiente estructura:

- Información General de las plantas
 - Proceso de la planta: proceso productivo y productos finales
 - Capacidad de procesamiento de materia prima
 - Procesamiento real de la planta
 - Obtención de la materia prima
 - Tipo de materia prima
 - Periodo de funcionamiento
- Control de Olores
 - Captación de vahos: líneas y procesos con medidas de captura de vahos.
 - Tipo de cierre: Los procesos se realizan en un sector abierto, cerrado o techado
 - Mejores técnicas disponibles, tecnologías de abatimiento de olores, costos y eficiencias
 - Estudios asociados a olores
- Conflictos de olor
 - Conflictos con la comunidad o autoridad ambiental
 - Principales eventos causantes de olores indeseados

A partir de lo anterior, fue posible recabar la información que mejor representa la realidad de cada planta específica. De modo complementario, se validó con cada empresa la ubicación real de la(s) planta(s), de modo de tener la georreferencia exacta.

A lo largo del presente documento se hace referencia a la información discutida en las reuniones realizadas, utilizando la sigla MRXXX, donde MR corresponde a Minuta reunión, seguido con T, P o G según si la reunión fue con titular, proveedor de tecnología o general, respectivamente, y con un número para identificar cada minuta. También se hace referencia a DC al utilizar información de documentos de cotización (DC), recibidos de dichos titulares o proveedores de tecnología. Esta información se mantiene en código debido a acuerdos de confidencialidad.

3.1.2 Revisión documentos oficiales de plantas del sector

Se realizó una búsqueda de información a partir de documentos oficiales, con el objetivo de revisar la información contenida en ellos, y a su vez validar la información para la generación de una base única del sector. Para esta actividad se realizaron las siguientes acciones:

1. Revisión de Estudios de Impacto Odorante (EIO)
2. Revisión de Resolución de Calificación ambiental (RCA), Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
3. Identificación y validación de información relevante a integrar en la Base de datos final.

A partir de esta información, se logró la revisión y validación de gran parte de la información relevante para el estudio contenida en estos documentos. Para cada documento disponible se verificó la siguiente información relevante:

- Año de inicio de operación
- Tipología de planta (PAP o PHA)
- Tipo de materia prima
- Capacidad de planta
- Nivel de actividad: Volumen de materia prima y producción, horas de actividad
- Proceso productivo
- Mejores tecnologías disponibles (MTD) para el abatimiento de olores

Estudios Impacto Odorante

Se cuenta con documentos de Estudios de Impacto Odorante (EIO) para distintas plantas afectas a la normativa. A partir de estos estudios fue posible identificar la tipología de la planta, el tipo de materia prima, capacidad de planta, nivel de actividad de la planta, proceso productivo y tecnologías de abatimiento de olor.

Resolución de Calificación Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental y Declaración de Impacto Ambiental

Estos documentos fueron obtenidos a partir de los enlaces web presentados en la Base Datos iniciales levantada por Envirometrika 2020. Adicionalmente se realizó una nueva búsqueda web tanto en el SEIA como en el SNIFA, para determinar posibles documentos relacionados a esas plantas.

Para las plantas con enlaces web, se revisaron todos los documentos disponibles. Estos documentos no necesariamente corresponden al inicio de actividades de la planta, sino que pueden corresponder a modificaciones en su capacidad de producción, modernizaciones, ampliaciones, mejoramiento de líneas de proceso o de tratamiento de RILes, entre otros. Debido a que no eran documentos acerca de las plantas en sí se volvió más difícil identificar características operativas acerca de las plantas.

En general a partir de este tipo de documentos se logró identificar la tipología de la planta, el tipo de materia prima, el nivel de actividad y el proceso productivo. En algunos casos se logró identificar tecnologías de abatimiento de olores, las que fueron validadas a partir de las entrevistas realizadas (ver Sección 3.1.1).

3.2 Caracterización de plantas de harina y aceite de pescado

El capítulo a continuación caracteriza las plantas identificadas como potencialmente afectas a la futura normativa. En esta sección se abordan los resultados más relevantes a partir de la caracterización realizada.

Universo de fuentes total: Se catastró un universo de 33 plantas en total, donde existen 24 plantas de harina y aceite de pescado.

Las regiones que presentan la mayor cantidad de plantas son las regiones del Biobío, la región de los Lagos y la región de Tarapacá. La mayor cantidad de plantas elaboradoras de harina y aceite se encuentran en la región del Biobío (10 de 24 plantas).

Cantidad de plantas por titular: Del universo total de plantas, existen algunas que pertenecen al mismo titular, y que están distribuidas en distintos puntos del país. Se presenta a continuación la distribución de plantas por titular y por región.

Tabla 3-4. Distribución regional por titular PHA

Titulares	R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	R.8	R.10	R.11	R.12	R.14	R.15	Total
Alimentos Pesqueros SpA.						1						1
Blumar S.A.			1			2				1		4
Camanchaca Pesca Sur S.A.						1						1
Compañía Pesquera Camanchaca S.A.	1											1
Corpesca S.A.	2	1									1	4
Fiordo Austral S.A.						1	2	1	1			5
Foodcorp Chile S.A.						1						1
Isla Quihua S.A.						1						1
Lota Protein S.A.						1						1
Orizon S.A.				1		1						2
Pesquera La Portada S.A.							1					1
Sociedad Pesquera Landes S.A.						1						1
Sopesa S.A.					1							1
Total	3	1	1	1	1	10	3	1	1	1	1	24

Regiones. R. 1: Tarapacá, R. 2: Antofagasta, R. 3: Atacama, R. 4: Coquimbo, R. 5: Valparaíso, R. 8: BioBío, R. 10: Los Lagos, R. 11: Aysén del General Carlos Ibañez del Campo, R.12 : Magallanes y de la Antártica Chilena; R. 14: Los Ríos; R. 15: Arica y Parinacota.

Fuente: Elaboración propia.

Se destaca el Titular Fiordo Austral S.A. con plantas en 4 regiones del sur. Por otro lado, el Titular Corpesca S.A. cuenta con sus 4 plantas en la zona norte.

Año de inicio de funcionamiento (actividad): Indica el año en el que la planta comienza a funcionar (no necesariamente coincide con el año de inicio de operaciones del titular). Se cuenta con información de 22 plantas en total. Se destaca que 12 de las plantas iniciaron sus actividades antes del año 2000, y 4 de ellas antes de los años 90. Esto es relevante debido a que en general, los procesos de las plantas más antiguas no cuentan con infraestructura moderna o captación adecuada de vahos por ductos de ventilación. Se estima que las plantas más antiguas deberán realizar mayores inversiones para el tratamiento de olor y buenas prácticas.

Tipo de infraestructura: Las plantas existentes pueden realizar parte de sus procesos en galpones abiertos, cerrados, o techados, según la zona donde se encuentren. Se ha levantado que solo en el norte existen plantas con infraestructura de producción abierta. Sin embargo, en la zona centro y sur del país las plantas están bajo techo. Esto se debe principalmente al tipo de clima de la zona. Debido a que las plantas del sur son cerradas, se ha reportado que estas son más compactas con respecto a plantas en el norte, y, por ende, realizar modificaciones estructurales para extracción y tratamiento de vahos podría ser más económico en plantas del sur.

Tabla 3-5. Características de la planta por zona PHA

Zona	Abierta	Cerrada	Techada	Total
Centro	0	9	2	11
Norte	4	2	1	7
Sur	0	1	5	6
Total	4	12	8	24

Fuente: Elaboración propia.

Captación y conducción de vahos: A partir de las entrevistas realizadas a las plantas, se ha podido concluir que todas las plantas poseen al menos sistemas de ductos para la captación de vahos. A partir de los procesos de elaboración de harina y aceite, se generan tanto vahos fríos como vahos calientes. Estos vahos pueden ser conducidos de manera independiente, o pueden estar unidos en el mismo ducto.

Tabla 3-6. Tipo de conducción de vahos PHA

Conducción de vahos	PHA
Independiente calientes y fríos	11
Se unen calientes y fríos	13
Total plantas	24

Fuente: Elaboración propia.

Tecnología para el tratamiento de vahos: Todas las plantas cuentan con recolección de vahos para todos los procesos. Los lavadores de gases (también llamado *scrubber* en inglés) son la principal tecnología usada, las que tiene distintas variantes según la técnica empleada. Para plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado, se destaca que en todas las plantas se utilizan al menos 1 lavador de gases con agua de mar o con agua dulce que actúan como condensador para el tratamiento de olores. Adicionalmente existen plantas que cuentan con tecnología de scrubber químicos. En algunos casos se incluye otro sistema de abatimiento, como tecnología UV-Ozono y RTO.

Tabla 3-7. Tratamiento de vahos PHA

Tipo de tratamiento	N° de plantas
LavGases Agua Dulce	3
LavGases Agua de Mar	11
LavGases Químico de 1 etapa	2
LavGases Químico de 2 etapas	3
LavGases UV-O3	3
RTO	1
Sin tratamiento	1
Total	24

Nota: LavGases corresponde a Lavador de gases

Fuente: Elaboración propia.

En el caso que los vahos fríos y calientes sean tratado de forma independiente, luego del proceso de condensación, los vahos incondensables pueden ser tratados por alguna de las tecnologías anteriores en conjunto con los vahos fríos (cuando se identifica que se unen vahos calientes y fríos, ver Tabla 3-6), o por las siguientes tecnologías presentadas a continuación.

Tabla 3-8. Tratamiento de vahos incondensables en PHA

Tratamiento de vahos incondensables	PHA
Filtro de carbón activado	1
Sin tratamiento de gases incondensables	23
Total	24

Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento de materia prima: la declaración a SERNAPESCA por parte de las PHA permite contar con la información acerca de las toneladas de materia prima procesada el año 2020.

Tabla 3-9. Toneladas procesadas 2020 PHA

ID Planta	Procesamiento materia prima 2020 (ton)	N° de plantas
PHA-09	47	7
PHA-23	236	
PHA-22	957	
PHA-24	1.342	
PHA-15	1.395	
PHA-14	2.442	
PHA-13	8.358	
PHA-02	13.349	6
PHA-16	14.756	
PHA-12 ^a	16.834	
PHA-07	38.205	
PHA-20	38.379	
PHA-05	39.792	
PHA-17	53.119	11
PHA-10	56.063	
PHA-01	58.006	
PHA-03	65.330	
PHA-04	68.199	
PHA-11	73.341	
PHA-08	78.056	
PHA-21	89.596	
PHA-18	99.681	
PHA-06	102.494	
PHA-19	117.283	
Total	1.020.427	24

^a PHA-12 procesa desechos de salmón, por lo cual no declara a SERNAPESCA, las toneladas procesadas 2020 se obtienen del contacto directo con la empresa

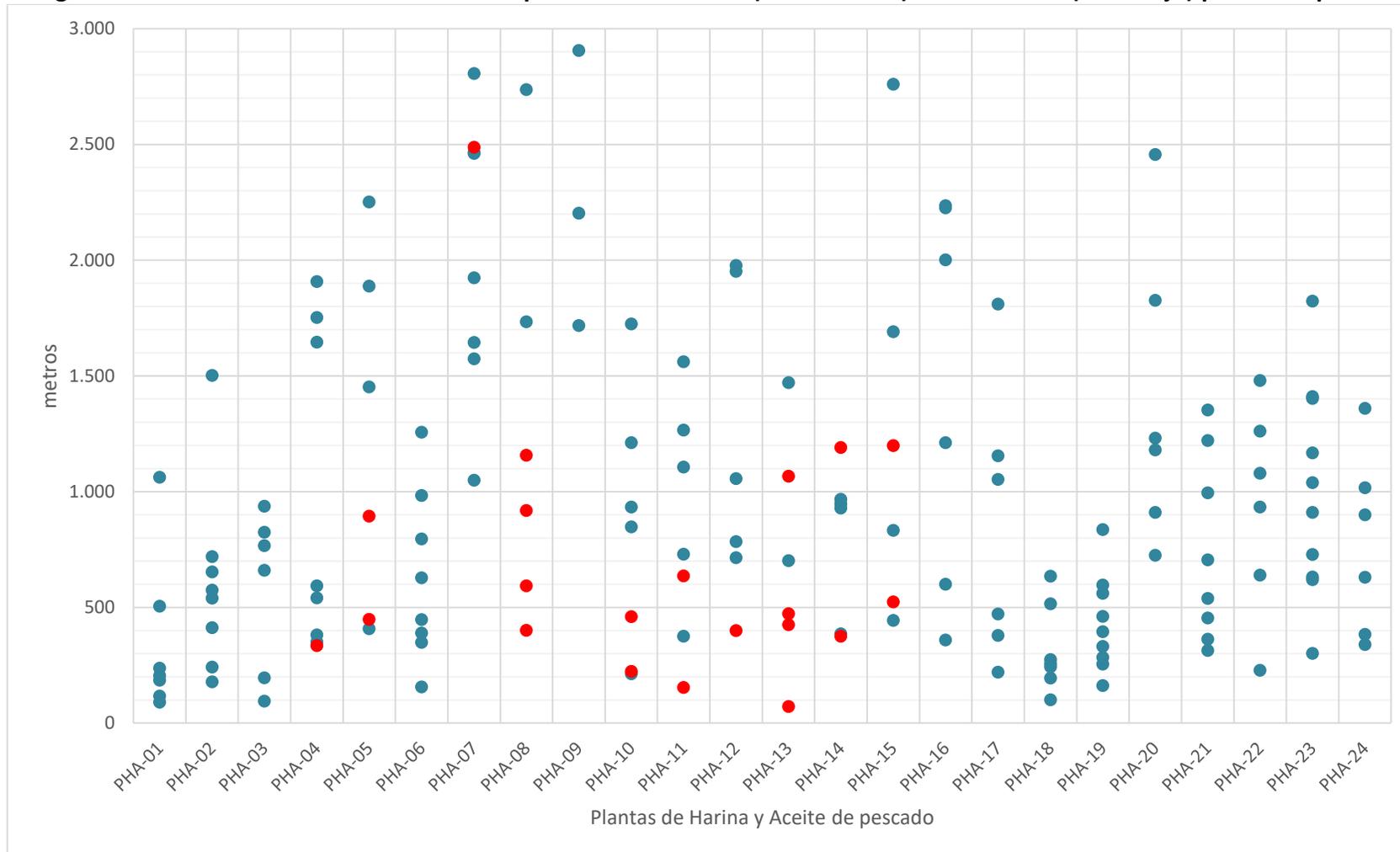
Fuente: SERNAPESCA.

La clasificación por tamaño, al ser según materia prima procesada al año, puede fluctuar de un año a otro (Ver Anexo 2: Análisis de criterio para tamaño de empresa, disponible en la Sección 13).

Distancia a receptores más cercano: A partir del análisis de georreferencia, se han obtenido la distancia al receptor industrial y al receptor residencial más cercanos. En total, se levantó un total de 6 receptores por planta en base a 5 criterios metodológicos (ver documento complementario “Apéndice de Modelación”). En algunos casos se levantaron más de 6 receptores (7 receptores para 11 plantas, 8 receptores para 7 plantas, 9 receptores para 2 plantas, y 10 receptores para 1 planta), con el fin de abarcar de mejor manera todos los receptores relevantes y direcciones del viento. La distancia para cada receptor fue obtenida a partir de las coordenadas geográficas y mediante la fórmula de Haversine, que usa como input la longitud, latitud, y radio de la tierra. Para todos los casos, se usó un promedio de radio de la tierra de 6.371 km.

Se presenta más abajo la Figura 3-1 con la distancia a los receptores para cada planta de harina y aceite de pescado. El promedio de distancia de plantas a receptores es de 1003 metros, con una distancia mínima promedio de 369 metros y distancia máxima promedio de 1792 metros. El mínimo valor de distancia a un receptor es de 72 metros para la planta PHA-13 ubicada en Coronel. La máxima distancia al receptor es de 3.858 metros para la planta PHA-09 ubicada en Arica (Figura 3-1). Para las zonas urbanizadas las distancia entre receptores varían en promedio entre 500 y 1000 metros. Esto ocurre para las plantas ubicadas en la octava región, así como aquellas los casos de San Antonio o Iquique. Las mayores distancias a los receptores se ubican en plantas fuera del área urbana, en particular para las plantas más al norte y más al sur. Por ejemplo, los receptores de la planta PHA-09 ubicada en Arica están sobre los 1.500 metros. La metodología utilizada para determinar los receptores para cada planta se describe en el documento complementario “Apéndice de Modelación”.

Figura 3-1. Identificación de distancia a receptores residenciales (en color azul) e industriales (color rojo) para cada planta



Nota: Color azul corresponde a receptor residencial, color rojo corresponde a receptor industrial.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Caracterización de plantas de alimento para peces

El capítulo a continuación caracteriza las plantas identificadas como potenciales fuentes afectas a la futura normativa. En esta sección se abordan los resultados más relevantes a partir de la caracterización realizada.

Universo de fuentes total: Se catastró un universo de 33 plantas en total, donde existen 9 plantas de elaboración de alimento para peces. La región que presentan la mayor cantidad de plantas es la región de Los Lagos (7 de las 9 plantas).

Cantidad de plantas por titular: Del universo total de plantas, existen algunas que pertenecen al mismo titular, y que están distribuidas en distintos puntos del país. Se presenta a continuación la distribución de plantas por titular y por región:

Tabla 3-10. Distribución regional por titular PAP

Titular	Región		
	Biobío	Los Lagos	Total
Biomar Chile S.A.	-	3	3
Cargill	1	-	1
Comercializadora Nutreco Chile Ltda.	-	2	2
Exportadora Los Fiordos Ltda.	-	1	1
Salmones Antártica S.A.	1	-	1
Vitapro Chile S.A.	-	1	1
Total	2	7	9

Fuente: Elaboración propia.

Se destaca el Titular Biomar Chile S.A. con 3 plantas en la región de Los Lagos.

Año de inicio de funcionamiento (actividad): Se destaca que 7 de las plantas iniciaron sus actividades después del año 2000, la más reciente siendo Salmonfood, que inicia actividades (bajo ese nombre) el 2014.

Tipo de infraestructura: Las plantas existentes pueden realizar parte de sus procesos en galpones abiertos, cerrados, o techados, según la zona donde se encuentren. Las 9 plantas de alimento para peces se encuentran en la zona sur, y consecuentemente están cerradas.

Captación y conducción de vahos: A partir de las entrevistas realizadas a las plantas, se ha podido concluir que todas las plantas poseen al menos sistemas de ductos para la captación de vahos y todos estos sistemas de captación unen vahos calientes y fríos. De las entrevistas realizadas, se concluye que las 9 plantas de alimento para peces poseen sistema de captación y conducción de vahos. Para este tipo de plantas no se diferencian entre vahos calientes y fríos.

Tecnología para el tratamiento de vahos: Los biofiltros son la principal tecnología utilizada. Hay dos plantas que no cuentan con ningún tipo de tratamiento.

Tabla 3-11. Tratamiento de vahos PAP

Tipo de tratamiento	N° de plantas
LavGases Agua Dulce	1
Biofiltro	3
LavGases y Biofiltro	1
LavGases con UV-O3	1
Plasma NT	1
Sin tratamiento	2
Total	9

Nota: LavGases corresponde a lavador de gases. Plasma NT significa plasma no térmico.

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de producción: Los datos obtenidos se recogieron a partir de las entrevistas o de documentación oficial la capacidad de generación de producto de manera anual.

Tabla 3-12. Capacidad de producción PAP

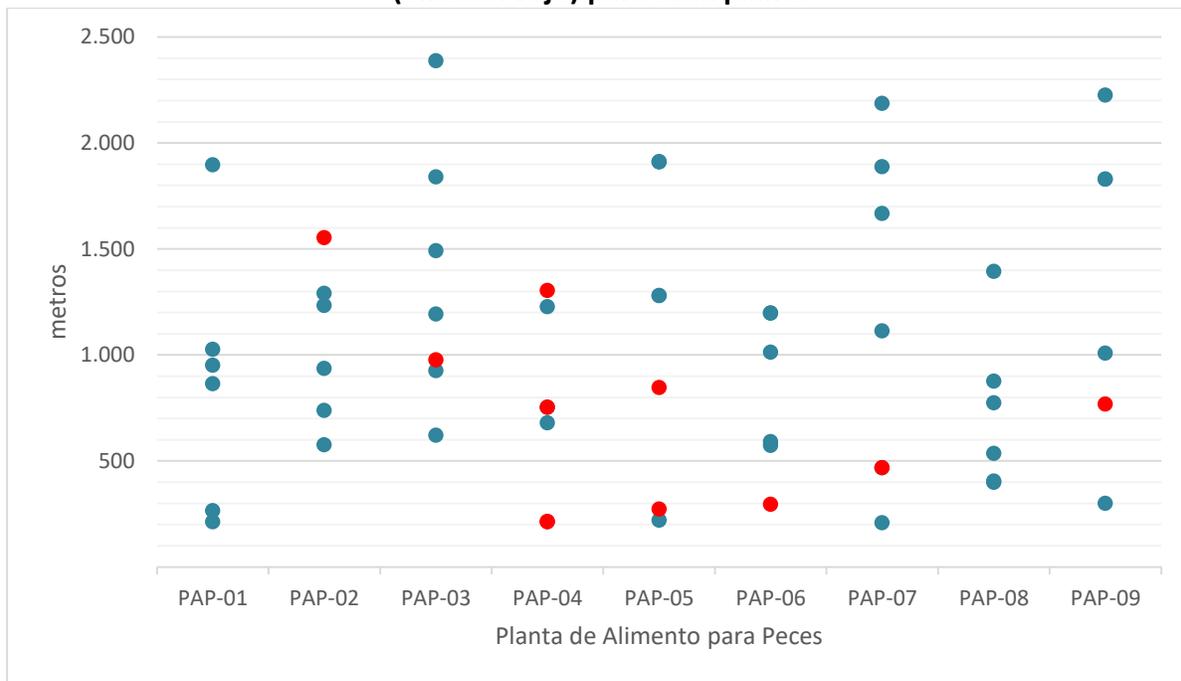
Planta	Capacidad máxima (ton pellet/año)	N° de plantas
PAP-08	50.000	0 – 100.000
PAP-01	67.000	
PAP-02	120.000	100.001 – 250.000
PAP-03	198.000	
PAP-06	200.000	
PAP-05	250.000	
PAP-07	250.000	
PAP-09	300.000	300.000 – o más
PAP-04	430.000	

Fuente: Contacto con titulares de plantas.

Distancia a receptores más cercano: A partir del análisis de georreferencia, se han obtenido la distancia al receptor industrial y al receptor residencial más cercanos. En total, se levantó un total de 6 receptores por planta en base a 5 criterios metodológicos (ver documento complementario “Apéndice de Modelación”). En algunos casos se levantaron más de 6 receptores (7 receptores para 2 plantas), con el fin de abarcar de mejor manera todos los receptores relevantes y direcciones del viento. La distancia para cada receptor fue obtenida a partir de las coordenadas geográfica y mediante la fórmula de Haversine, que usa como input la longitud, latitud, y radio de la tierra. Para todos los casos, se usó un promedio de radio de la tierra de 6,371 km.

Se presenta más abajo la Figura 3-2 con la distancia a los receptores para cada planta de alimento para peces. El promedio de distancia de plantas a receptores es de 1.050 metros, con una distancia mínima promedio de 339 metros y distancia máxima promedio de 1.855 metros. El mínimo valor de distancia a un receptor es de 209 metros para la planta PAP-07 ubicada en Calbuco. La máxima distancia al receptor es de 2.461 metros para la planta PAP-09 ubicada en Castro. En su mayoría, estas plantas se ubican fuera de zonas urbanas, por lo que no existe una gran aglomeración de receptores como ocurre en el caso de plantas PHA.

Figura 3-2. Identificación de distancia a receptores residenciales (en color azul) e industriales (en color rojo) para cada planta



Nota 1: Color azul corresponde a receptor residencial, color rojo corresponde a receptor industrial.

Nota 2: Para la planta PAP-04 existen dos receptores industriales ubicados casi a la misma distancia de 215 metros aproximadamente, debido a esto solo se ve solo un punto de color rojo.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Análisis de convergencia entre la propuesta de norma y otros instrumentos regulatorios y otras iniciativas

Al momento de establecer una propuesta de normativa de emisión de olores para el sector, es relevante el análisis de la normativa a proponer con cualquier normativa o iniciativa preexistente. La finalidad de este análisis es revisar cualquier interacción que pueda generar impactos en la estimación de los costos y beneficios de la normativa que se quiere evaluar. En particular se busca identificar cualquier medida previa que pueda modificar la línea base de olores y así modificar los costos y beneficios asociados a la implementación de la norma de olores a proponer. En este sentido, es importante destacar que la evaluación de la presente norma de olores no debe incluir aquellos costos y beneficios ya incurridos o que se deban incurrir debido a otros instrumentos regulatorios y normativos preexistentes.

Se analizó la posible convergencia entre la propuesta de norma que se quiere realizar para el sector y otros instrumentos regulatorios o voluntarios vigentes y proyectados. Los instrumentos identificados y analizados son

los siguientes:

- **Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano** (D.S. N°6/2018, del Ministerio del Medio Ambiente): No se identificó ninguna medida asociada a las fuentes emisoras de olor que se encuentran emplazadas dentro del área de influencia del PPDA.
- **Anteproyecto de la Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión**: Norma que se encuentra actualmente en elaboración del proyecto definitivo. Si bien muchas de las fuentes emisoras de olor que se han identificado en el contexto de este estudio poseen calderas de combustión, del análisis respecto a las exigencias contenidas en el documento de anteproyecto de norma de emisión para calderas que se sometió a consulta pública, no se identifican medidas ni exigencias que pudieran disminuir la emisión de olor proveniente de estas fuentes.
- **Informe “Plan de Gestión Ambiental de la Bahía de Mejillones del Sur”**: Debido a la existencia de una de las fuentes emisoras de olor identificadas en el contexto de este estudio en la Comuna de Mejillones, un Plan de Gestión Ambiental podría implicar alguna convergencia con la propuesta de norma de olor para el sector. Sin embargo, a partir de la revisión de este informe, no se ha identificado ninguna medida ni buena práctica asociada a la emisión de olor de las plantas de harina y aceite de pescado. Además, no se ha identificado la existencia oficial de un Plan de Gestión Ambiental en esta zona.
- **Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA)**: Se revisaron todas las RCA existentes asociadas a las plantas de harina y aceite de pescado y plantas de alimentos para peces

con el objetivo de identificar las tecnologías de reducción de olor ahí estipuladas y validar que estas fueran coincidentes con el trabajo de caracterización de las plantas que se realizó en la Sección 3.2, en particular, caracterización asociada a las tecnologías de reducción de olores. Como resultado de esta validación, no se encontró ninguna planta que tuviera por RCA la obligación de tener implementada alguna tecnología y que no la tuviera implementada en la práctica, por lo que esta validación no genera ninguna modificación a la línea base de emisiones de olor.

- **Programa para la Recuperación Ambiental y Social de Coronel:** Este programa posee un componente específico para mejorar la gestión de olores de las plantas emisoras de olor que se ubican en la comuna de Coronel. Según lo que establece este Programa, y en relación con alguna medida o buena práctica que se deba incorporar a la línea base de emisiones de olor en el contexto de este estudio, solo se identifica la exigencia de tratamiento de captura de olores (vahos) que se plantea como la solución N°1 propuesta por el PRAS y de priorización inmediata. Por su parte, a partir del trabajo de caracterización de las plantas de harina y aceite de pescado y de las plantas de alimentos para peces, se ha identificado que todas las plantas ubicadas en la comuna de Coronel, poseen captación de vahos. En este sentido y como resultado del análisis del PRAS de Coronel, no se identifican medidas o exigencias que modifiquen la línea base de emisiones de olor de las plantas que están emplazadas en esta comuna.
- **Documentos de buenas prácticas operacionales:** En Anexo 1 (Sección 12) se describen en detalle los documentos de buenas prácticas generado por ASIPES y ASIPNOR. Estos documentos son de carácter voluntario por lo que no corresponde considerar ninguna medida o buena práctica como una obligación de implementación y su consecuente consideración en la línea base de emisiones de olor. Sin embargo, es probable que la caracterización de las plantas que fue realizada en el contexto de este estudio sí esté incluyendo alguna de las recomendaciones contenidas en estos documentos y, por ende, ya se encuentre considerada en la línea base de emisiones.

Como se puede entender del análisis de los párrafos anteriores, si bien existen instrumentos regulatorios y voluntarios que poseen interacción con la normativa de olores del presente sector, no existe interacción que pueda generar una modificación en la línea base de emisiones y, por consiguiente, impactos en la estimación de los costos y beneficios de la normativa que se quiere evaluar.

4. Descripción de los procesos productivos

A lo largo del presente capítulo se describe el funcionamiento de una planta tipo para ambas tipologías, identificando cada proceso y las fuentes de emisión de olor.

Para la correcta definición y descripción de los procesos se presentan a continuación las definiciones más relevantes.

- **Vahos calientes:** Proviene principalmente de las evaporaciones producto del secado de la harina (en secadores). Se encuentran a alta temperatura y humedad, se utilizan energéticamente y se condensan, luego de condensarlos, se obtienen los vahos incondensables. Su temperatura es sobre 80°C, y en general están saturados.
- **Vahos fríos:** Vahos provenientes del resto de los equipos (cocedores, prensas, etc.), pueden ser condensados o directamente tratados. En general con temperaturas entre los 40 - 60°C.
- **Vahos condensables:** Fracción de vahos recolectados del proceso productivo. Estos son removidos mediante un proceso físico de condensación en lavadores de gases por condensación.
- **Vahos incondensables:** Vahos remanentes de la condensación de los vahos calientes. Generalmente se encuentran a temperaturas entre los 40 - 50°C.
- **Vahos primarios:** Son vahos calientes.
- **Vahos secundarios:** Son vahos fríos.
- **Vahos fugitivos:** Se pueden generar en todos los procesos como “escape”.

4.1 Plantas de harina y aceite de pescado

A partir de la revisión de información relevante llevada a cabo en el capítulo anterior y en base a la experiencia del equipo consultor se identifican los procesos para una PHA tipo. El diagrama a continuación presenta el esquema de este proceso productivo, considerando el procesamiento tanto de la fase sólida (harina) y líquida (aceite crudo).

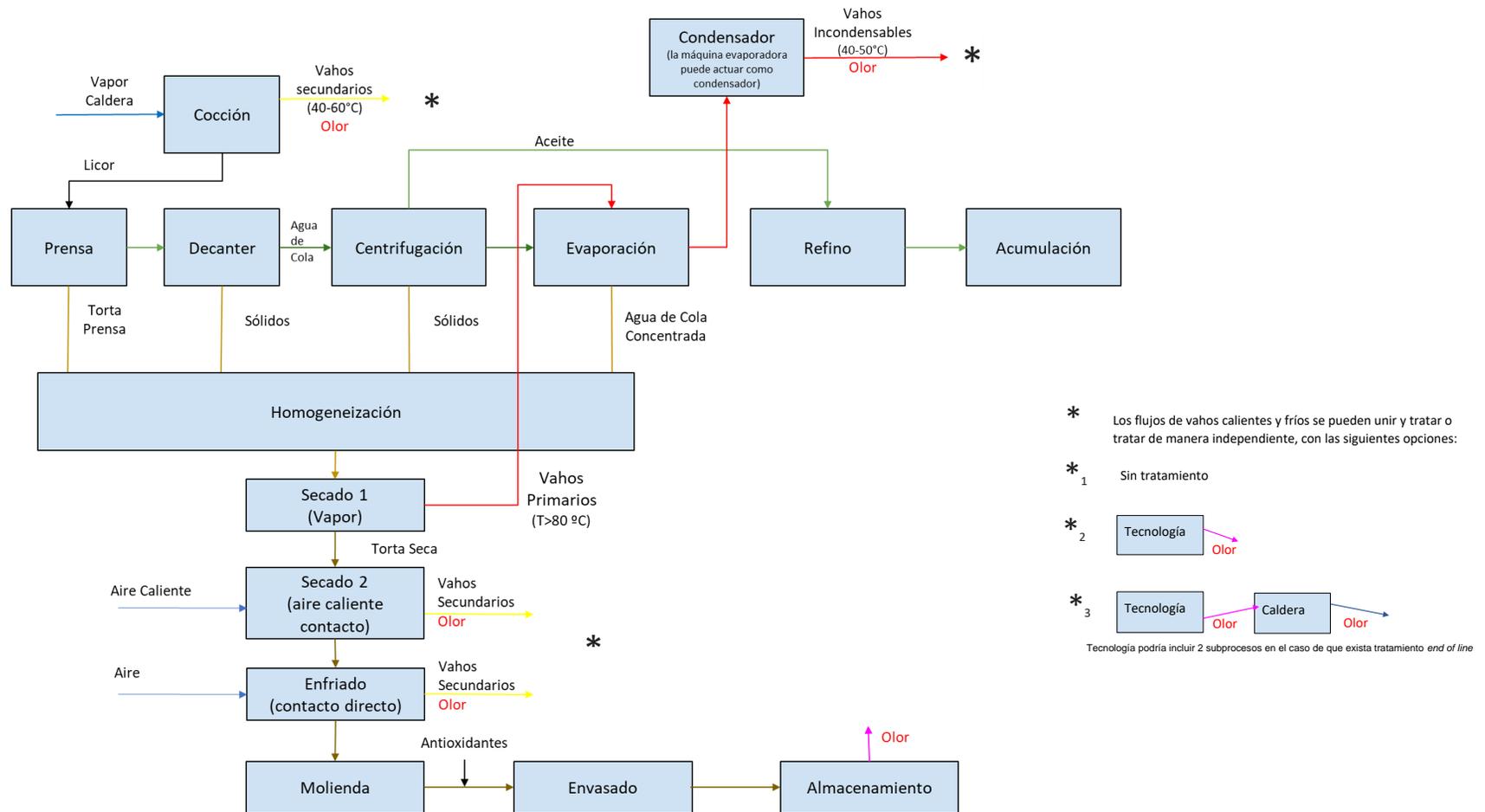


Figura 4-1 Diagrama de procesos - planta tipo de harina y aceite de pescado.

Los vahos se pueden tratar juntos (fríos y calientes) o separados.

Las tecnologías disponibles son: tratamiento biológico (bacterias, biofiltro, bioscrubber o biotrickling) o tratamientos fisicoquímicos como condensadores, lavadores de gases, oxidación térmica, oxidación (con agentes neutralizantes, plasma, scrubbers con reactivos químicos, UV-Ozono, etc.) o tratamientos *end of line* como adsorción con carbón activado o zeolita. Se subrayan aquellos tratamientos utilizados en Chile.

Fuente: Elaboración propia.

Los procesos presentados en el diagrama son:

1. Recepción Materia Prima: descarga materia prima desde el barco al pozo.
2. Almacenamiento Materia Prima: Almacenamiento en pozos de la materia prima.
3. Cocción: Tornillo con vapor interno (cerrado).
4. Prensado: Prensa de volumen variable que separa sólido-líquido. Posible salida de gases en una chimenea de vahos calientes.
5. Separación sólido-líquido: Entra el licor del prensado (alto contenido en aceite) y sale una fase sólida que se junta con la prensa y la líquida va a centrífuga. Corresponde al decanter en la Figura 4-1.
6. Centrifugación: Se obtiene aceite sin refinar y agua de cola (va a concentración).
7. Concentración: Concentradores al vacío de tubos y carcasas. Este proceso busca la recuperación de sólidos para mezcla posterior con la línea de sólidos. La corriente destilada de cabezas es un efluente líquido con alta temperatura con vahos fríos. Corresponde a la etapa de evaporación en la Figura 4-1.
8. Refino: Proceso opcional y minoritario realizado sobre el aceite crudo. En general el aceite es enviado a una planta externa de refino, venta.
9. Acumulación: Acumulación de aceite en estanques cerrados.
10. Homogenización: Proceso que reúne las fases sólidas del procesamiento de las materias primas.
11. Secado: Se somete la fase sólida a diferentes etapas de secado. El vapor generado, en la primera etapa de secado, es aprovechado energéticamente en la planta de evaporación.
12. Enfriado: Se enfría el sólido generado y secado.
13. Molienda: Se somete a molienda el sólido frío.
14. Envasado: Proceso de envasado de la harina generada en sacas.
15. Almacenamiento: Almacenamiento de las sacas con el producto final, generalmente en galpones.

Como se puede observar en la figura anterior, las PHA tienen inicialmente procesos asociados a la separación de fases sólidas y líquidas, y luego procesamiento de ambas fases por separado. La fase líquida por obtener de cualquier proceso se concentra y corresponde al aceite crudo, que generalmente se comercializa en ese estado. La fase sólida obtenida de los diferentes procesos origina la harina que se homogeniza, seca, enfría y acumula para su venta. La principal diferenciación entre las plantas corresponderá al tipo de almacenamiento y las subetapas que, en conjunto, sumarán el secado.

Los procesos diferenciadores pueden variar según se indica a continuación:

- Almacenamiento de materia prima: este almacenamiento es en pozos, sin embargo, las características de estos pozos y si están cerrados, techados o abiertos a la atmósfera puede variar. Adicionalmente la manera de mover la materia prima desde un bote de pesca o hacia el proceso productivo también puede variar.
- Secado: en las entrevistas realizadas a titulares se identificó que las plantas generalmente cuentan con dos o tres etapas de secado (también puede que se identifique un pre-secado), variando en la metodología de secado (por vapor directo o indirecto) y la mecánica de movimiento (rotatubo y/o rotadisco).
- Almacenamiento del producto final: ocurre recurrentemente que el almacenamiento de sacas³ de harina es techado, sin embargo, esto puede variar para ser en un lugar abierto a la atmósfera o un lugar cerrado. El aceite es almacenado en tanques cerrados, pero puede ser almacenado como aceite crudo, refinado en el lugar o despachado a una instalación de refinación fuera de la localización de la planta.

Si bien estos productos varían según el tipo de materia prima a utilizar, todas las plantas requieren, al menos, de los procesos identificados para la elaboración de estos productos.

Adicionalmente, en las plantas existen líneas de conducción de gases generados en los diferentes procesos. Vahos, vapores y gases son términos para referirse a lo mismo ya que gases se refiere a los componentes en estado gaseoso, vapores especifica una característica de alta temperatura de gases y vahos se refiere a una característica de saturación de los gases.

Los vahos fríos, provenientes del proceso de cocción se generan cuando la unión entre la caldera y la prensa no es hermética, se forma una liberación de presión como una especie de *flash* de vapor que se libera. Los vahos calientes, son de alto contenido energético y son aprovechados energéticamente en las plantas evaporadoras (estas actúan como condensador, es decir bajan la temperatura del flujo, permitiendo que algunos de los componentes en estado gaseoso se concentren y se unan a la fase líquida). El condensador, proceso posterior a la evaporación para el flujo de vahos calientes, permite mayor condensación y disminución de la temperatura de los vahos.

El funcionamiento histórico de las PHA ha sufrido diversos cambios a lo largo de sus años de funcionamiento, en particular siguiendo los avances tecnológicos. Inicialmente se juntaban los vahos fríos y calientes en un solo flujo para tratar por medio de lavadores de gases y luego ingresar dicho flujo a las calderas de generación de vapor. Actualmente se ha descubierto que para la reducción de los gases generadores de olor (trimetilaminas y ácido sulfhídrico principalmente) por medio de la combustión se requiere de ciertas características de tiempo de residencia y temperatura mínimas. Estas condiciones mínimas no son alcanzadas por las calderas de generación de vapor presentes en las PHA, por lo cual, lo que previamente se consideraba una medida de tratamiento de olores, actualmente no se considera como tal y no tiene ningún efecto sobre la concentración de olor de los flujos provenientes de la planta. Además, debido a las diferencias de temperatura y concentración de los vahos fríos y calientes

³ Saca: Bolsa plástica de gran tamaño, elaborada de una tela de fibras gruesas de polipropileno trenzado que permite que pueda contener hasta una tonelada de peso.

(aún después de que estos últimos sean condensados), el tratamiento de ambos en conjunto resulta costoso e ineficiente.

Actualmente las tecnologías disponibles tratan los flujos de vahos de manera independiente y se diseñan en base a la temperatura y concentración específica de cada flujo de vahos, por lo cual esto varía planta a planta según el tipo y condición de su materia prima y su régimen de operación. Las diferentes tecnologías, teóricamente disponibles, se presentan en la Sección 5, en este capítulo, además, se presentan en la discusión las tecnologías actualmente utilizadas en el país.

5. Tecnologías de reducción de olores

A continuación, en el presente capítulo se realiza un análisis sobre tecnologías para el abatimiento de olor, con el fin de obtener antecedentes técnicos y económicos asociados a los esfuerzos de reducción de olores. Estos antecedentes se levantan a partir de una revisión bibliográfica realizada con respecto a las mejores tecnologías disponibles y sus requerimientos tanto de instalación como de operación. Además, como parte de las actividades de levantamiento de información, se obtuvo cotizaciones formales de tecnologías, así como rangos de valores de costos de tecnologías de abatimiento de olor mediante entrevistas a las plantas del sector, información que será incluida de manera general en el presente capítulo.

La generación de antecedentes para la normativa de olores para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos tiene una importante componente en la identificación de la tecnología disponible, así también como sus características de eficiencia, costo y limitaciones, para determinar su aplicabilidad, efectividad y el costo total de la normativa a implementar. Por este motivo se ha realizado una revisión bibliográfica, tanto nacional como internacional, para la identificación de las mejores técnicas disponibles para la reducción y/o remoción de emisiones de olor.

Documentos nacionales revisados:

1. Generación de Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de olores para Centros de Cultivos y Plantas Procesadoras de Recursos Hidrobiológicos (Envirometrika, 2020a)
2. Análisis General del Impacto Económico y Social anteproyecto Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos (MMA, 2020)
3. Antecedentes para la elaboración de Análisis Económico de la norma de emisión de olores para sector porcino (DICTUC, 2019)
4. Generación de Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para la Crianza Intensiva de Animales (Envirometrika, 2019)
5. Buenas Prácticas Pesqueras para la Gestión de Olores (Asipnor, 2019)
6. Programa para la Recuperación Ambiental y Social de Coronel (Ministerio de Medio Ambiente, 2018)
7. Estrategias para la gestión de olores en Chile 2014-2017 actualizado (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a)
8. Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA (Servicio de Evaluación Ambiental, 2017)
9. Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile (Aqualogy, 2014)
10. Antecedentes para la Regulación de Olores en Chile (Ecotec Ingeniería LTDA, 2013)

Documentos internacionales revisados:

1. Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide (Bokowa et al., 2021)
2. LUSS Decision guidance system: Tools overview (VITO, 2020)
3. BREF - Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Food, Drink and Milk Industries (Santonja et al., 2019)

4. EU fishmeal input to the BREF SA TWG (EUfishmeal, 2019)
5. Technologies for deodorization of malodorous gases (Wysocka et al., 2019)
6. Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques (Capelli et al., 2019)
7. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment (Pinasseau et al., 2018)
8. Biological methods for odor treatment - A review (Barbusinski et al., 2017)
9. Proposed Rule 415 – Odors from Rendering Facilities (Gottschalk, 2017)
10. A review of odour impact criteria in selected countries around the world (Brancher et al., 2017)
11. Odor Control “ABC’s” How to Compare and Evaluate Odor Control Technologies (Corey & Zappa, 2016)
12. BREF - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector (Brinkmann et al., 2016)
13. BAT in fish processing industry, a Nordic Perspective (Tomczak-Wandzel et al., 2015)
14. Technological and life cycle assessment of organics processing odour control technologies (Bindra et al., 2015)
15. Chemical Assessment Of Nonthermal Plasma For Reduction Of Odour Emissions From Pig Houses (Barkve & Andersen, 2013)
16. Choosing an Odor Control Technology - Effectiveness and Cost Considerations (Stanley & Muller, 2012)
17. Odour Emissions Guidance Note (Air Guidance Note AG9) (Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2010)
18. Odour Guidance 2010 (Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2010)
19. Fact sheets on air emission abatement techniques (Schenk et al., 2009)
20. BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Manufacturing of Fish Meal & Fish Oil (Irish Environmental Protection Agency, 2008a)
21. BREF - Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries, Integrated Pollution Prevention and Control Reference (European Commission, 2005)
22. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de Productos del Mar (Canales, 2007)
23. BREF - Reference Document on Best Available Techniques in Common Wastewater and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector (The European IPPC Bureau, 2003)
24. AP 42. Air Emissions Factors and Quantification. Volume I, Chapter 9: Food and Agricultural Industries (US EPA, 1995)
25. Review of methods of odour control (Mills & Birmingham, 1995)

Dentro de los documentos revisados, algunos no presentaban información relevante respecto a mejores técnicas disponibles. Otros presentaban descripción de las tecnologías, condiciones de operación, y en algunos casos la eficiencia.

A partir de la revisión bibliográfica se genera una base de datos de medidas a considerar, esta se presenta en el Anexo digital, bajo el nombre de “NORMOL2 - Medidas de reducción de

olores.xlsx". En las subsecciones a continuación se presentan las principales medidas analizadas.

De manera previa se debe identificar los procesos generadores de olor y las tecnologías posibles para el tratamiento de vahos odorantes, de manera de poder comprender las recomendaciones y especificaciones, tanto nacionales como internacionales, para un efectivo tratamiento de olor para el sector. Es relevante conocer las diferencias entre los procesos según el sector de procesamiento productivo, con el fin de unificar la información y presentarla de manera consolidada.

Para el tratamiento efectivo de olores existen diferentes tecnologías para tratar diferentes tipos de flujo, según tamaño, y concentración contaminante. La siguiente figura presenta un primer acercamiento a modo general de las tecnologías de abatimiento, en términos de concentración de contaminantes y capacidad de flujo a operar, sin importar el sector de emisión de olor que se está evaluando.

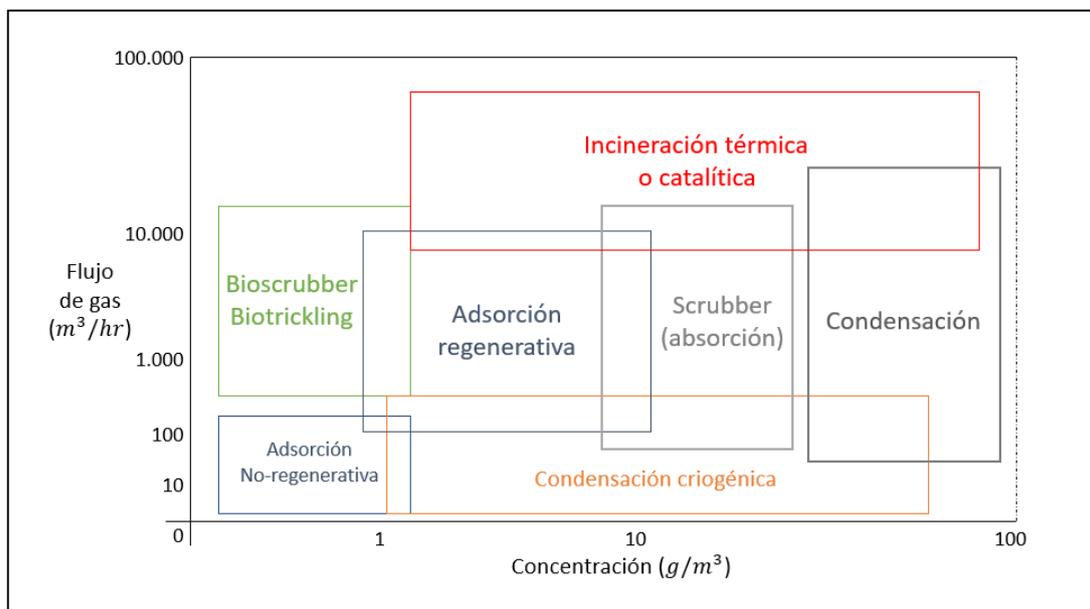


Figura 5-1 Guía de tecnologías limpias en el ámbito de Olores

Fuente: Aqualogy (2014).

Se destaca que para el uso de caudales más pequeños se recomiendan las tecnologías de adsorción. Para flujos en torno a los 10.000 m³/hora se recomienda el uso de procesos de *scrubber* o lavadores de gases. Para mayores caudales, es posible usar un proceso de oxidación térmica o catalítica.

En cuanto a la realidad nacional, las tecnologías presentes en las plantas afectas a la propuesta están en sintonía con la tabla anterior, debido a que los flujos reportados se encuentran sobre los 5.000 m³/hora, según información de las entrevistas realizadas a titulares y EIOs⁴, y las tecnologías utilizadas actualmente por las fuentes emisoras analizadas

⁴ Información obtenida a partir de entrevista a titulares, código de documento MRT01 y MRT18, y de los Estudios de Impacto Odorante de los titulares T12, T16 y T18.

refieren a *scrubbers*, condensación, e incineración. Otras tecnologías que se encuentran a nivel nacional corresponden a biofiltros, equipos de oxidación térmica regenerativa (RTO) y equipos de luz UV/Ozono, que pueden tratar gases entre los 10.000 y 100.000 m³/hora, según su especificación (en las secciones a continuación se especifican las características operativas de las diferentes tecnologías disponibles).

A partir del proceso productivo y las tecnologías levantadas para el tratamiento de olor, es posible indicar qué tipo de tecnología es usada actualmente según el tipo de proceso. De modo general, es posible sectorizar los procesos de una planta con el objetivo de comprender qué tipo de tecnología es la más adecuada según las características del proceso. Es posible dividir los procesos en zonas de recepción, producción, almacenamiento y tratamiento de RILES, donde en cada uno de estos se pueden usar diferentes técnicas para el abatimiento de olores.

Sector de recepción de materia prima

Para la primera etapa del proceso de producción, en la recepción lo más relevante para la mitigación de olores tiene relación con el nivel de frescura de la materia prima en las plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado, debido a que el pescado, así como el descarte de estos, se descompone rápidamente. En la zona norte del país se ha evidenciado que la descomposición de la materia prima puede ocurrir a partir de 2 horas luego de realizada la pesca, por lo que esta debe ser recepcionada rápidamente en pozos de almacenamiento. Las buenas prácticas operacionales y acuerdos con los proveedores de la materia prima son algunas de las técnicas para evitar la rápida descomposición de la materia prima en la etapa de recepción.

A partir de las entrevistas realizadas a titulares⁵, así como de documentos de buenas prácticas (ver Sección 12, Anexo 1), se han logrado levantar las siguientes técnicas para la mitigación de olores en el sector de recepción:

- Control de la frescura de la materia prima (acuerdos con los botes artesanales para limitar las salidas de estos, barcos industriales con sistemas de refrigeración para mantener la frescura de la pesca, sistemas de almacenaje de pesca con control de temperatura, entre otros)
- Instalación de galpones en pozos de almacenamiento
- Hermeticidad en el sistema de transporte de la materia prima (bombas de succión)
- Captación de vahos en ductos de ventilación

Los vahos que son capturados en este sector pueden ser tratados con las mismas tecnologías que reciben vahos provenientes de otros procesos. Las tecnologías reportadas para vahos provenientes de la zona de almacenamiento son *scrubbers* químicos (ver Sección 5.2.8) y equipos de luz UV/Ozono (ver Sección 5.2.5).

Sector de producción

En los procesos ocurre generación de olor provenientes principalmente de la planta evaporadora, cocción, secado y extrusión, enfriado y molienda. En estos procesos es posible

⁵ En todas las entrevistas con titulares se aborda el control de la frescura, cierre de procesos techados o herméticos y captación de vahos, código de documentos MRTXX.

categorizar los gases generados en vahos calientes y vahos fríos. La hermeticidad en los ductos de captura de estos procesos juega un rol importante para evitar vahos fugitivos dentro de la planta de producción.

- Vahos de planta evaporadora: Correspondiente a vahos calientes provenientes de la primera etapa de secado que son transportados a la planta evaporadora con el fin de usar la energía calorífica contenida en ellos, y a la vez disminuir la temperatura de estos gases antes de que ingresen a posteriores tecnologías de abatimiento. Si bien la máquina evaporadora puede actuar como condensador, en muchos casos se utiliza una tecnología de condensación para tratar estos vahos, que como resultado final se obtienen vahos incondensables que son posibles de tratar en otras tecnologías de abatimiento o en procesos de incineración. Se presentan las principales tecnologías para tratamiento de vahos proveniente de planta evaporadora:
 - Condensador (ver Sección 5.2.1)
 - Equipos de luz UV/Ozono (ver Sección 5.2.5)
 - Oxidación térmica o RTO o incineración (posterior al condensado de los vahos) (ver Sección 5.2.6)
 - *Scrubber* químico (ver Sección 5.2.8)
- Vahos de cocción, segunda etapa de secado y enfriado: Los vahos de estos procesos son considerados como vahos fríos debido a que no poseen un poder calorífico alto, y pueden ser enviados directamente a tecnologías de abatimiento. En cuanto a las tecnologías para el tratamiento de vahos fríos se destaca principalmente el *scrubber* químico y equipos de luz UV/Ozono, y en algunos casos los gases residuales pueden enviarse igualmente a un proceso de incineración.

Para las plantas de alimento para peces no se diferencian los vahos calientes o fríos. Se destaca que las principales tecnologías de abatimiento que emplean estas plantas son el biofiltro y el *scrubber* químico.

Sector de almacenamiento

Una vez realizado el proceso productivo, la zona de almacenamiento de producto final puede generar vahos odorantes que pueden ser mitigados en bodegas cerradas y capturados en ductos de ventilación. Estos gases pueden ser incorporados al sistema de tratamiento de vahos fríos del sector de procesos.

Sector de planta de RILes

Existen plantas elaboradoras que cuentan con su propia planta de RILes para tratar los residuos líquidos de los procesos de producción. Las plantas de RILes se componen de procesos de estanques de equalización y sistema DAF, y puede incluirse alguna tecnología de abatimiento de los gases residuales de este tratamiento. A partir de la información levantada a nivel nacional, se reporta que las principales tecnologías consisten en tratamiento biológicos, como adición de bacterias, equipos de biofiltro o filtros por carbón activado que pueden incluir agentes biológicos. También se ha informado que los gases producidos en el sector de RILes pueden enviarse al tratamiento general de vahos fríos.

A partir de la sectorización realizada, se han relacionado las principales tecnologías para el abatimiento de olor según el sector donde se originan los vahos. La siguiente tabla resume las tecnologías por sectores, y la eficiencia promedio de olor obtenida en la literatura.

Tabla 5-1. Resumen de tecnologías por sector de origen y vahos para plantas de harina y aceite de pescado, y de alimento para peces

Sector origen de vahos	Origen de vahos	Tecnología	% Eficiencia olor	Sección del capítulo
Recepción materia prima	Pozos de recepción. Galpón de recepción.	Scrubber químico	70 a 85%	5.2.8
		Filtro de Carbón Activado	80 a 99%	5.2.2
		Bioscrubber	75 a 95%	5.1.3
		LUZ UV + Ozono	85%	5.2.5
Producción	Secadores. Enfriadores. Cocedores.	Biofiltro	70 a 85%	5.1.2
		Bioscrubber	75 a 95%	5.1.3
		Biotrickling	80%	5.1.4
		Condensador	70%	5.2.1
		Atomización de agentes neutralizantes	70%	5.2.4
		Oxidación térmica	90%	5.2.6
		Plasma no térmico	90%	5.2.7
		Filtro de Carbón Activado	80 a 99%	5.2.2
		LUZ UV + Ozono	85%	5.2.5
		RTO	97%	5.2.6
Almacenamiento	Galpón de almacenamiento	Scrubber químico	70 a 85%	5.2.8
		Scrubber químico	70 a 85%	5.2.8
Planta de RILES	Toda el área. Tanque eculizador. DAF.	Filtro de Carbón Activado	80 a 99%	5.2.2
		LUZ UV + Ozono	85%	5.2.5
		Bacterias y Probióticos	50%	5.1.1
		Bioscrubber	75 a 95%	5.1.3

Fuente: Elaboración propia.

La información para presentar a continuación en las siguientes secciones, sobre las tecnologías disponibles, se basa en el estudio realizado por Envirometrika (2020), el cual es un antecedente directo para este estudio. Además, esta información es complementada y actualizada por otras fuentes adicionales detalladas en las secciones a continuación, con el fin de tener un espectro mayor de referencias y realizar mejores supuestos para la toma de decisiones en el análisis de costos y beneficios.

5.1 Tratamientos biológicos

5.1.1 Tratamiento con bacterias y probióticos

Si bien las bacterias y probióticos no son una tecnología como tal, es considerado un producto para el abatimiento de olor. Su función fundamental es favorecer la degradación de la materia orgánica e inhibiendo la producción de compuestos que generen mal olor.

Puede ser utilizado en centros de cultivos para peces como producto utilizado en el lecho filtrante, así como para los tratamientos de RILes en la etapa de sedimentación.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: planta de tratamiento de RILes.

5.1.1.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Los tratamientos con bacterias y probióticos son útiles en tratamiento de RILes con alta cantidad de H₂S, nitratos y nitritos. Se pueden utilizar bacterias directamente en los lodos para descomponer los compuestos orgánicos causantes del mal olor. Se requiere un tiempo de implementación bajo, entre 1 a 2 meses. En caso de que su aplicación sea directa sobre el flujo de RILes, se necesitará un flujo constante de agua para mantener el lodo húmedo.

El nivel de degradación de compuestos de mal olor depende directamente de la cantidad de producto utilizado. Por otro lado, se requieren condiciones adecuadas para la degradación óptima, las que dependen específicamente del tipo de producto utilizado (puede ser temperatura, humedad, pH, entre otros). Se recomienda hacer estudios piloto para determinar la eficiencia y uso óptimo. Es posible usar esta medida en instalaciones existentes y nuevas, que tengan un nivel de compuestos odorantes entre 10 a 100 ppm.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-2. Eficiencia de reducción tratamiento con bacterias y probióticos

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Reducción de olores y compuesto sulfurado H ₂ S	50%	(Envirometrika, 2019) Referencia a SCD probiotics

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-3 Costos tratamiento con bacterias y probióticos

Características	Inversión	Operación	Fuente
Según el proveedor, sus costos son variables. Se calculan según Litros de agua tratada	Variable	0,37 a 1,5 USD/Litros de agua tratada	(Envirometrika, 2019) Referencia a SCD probiotics.

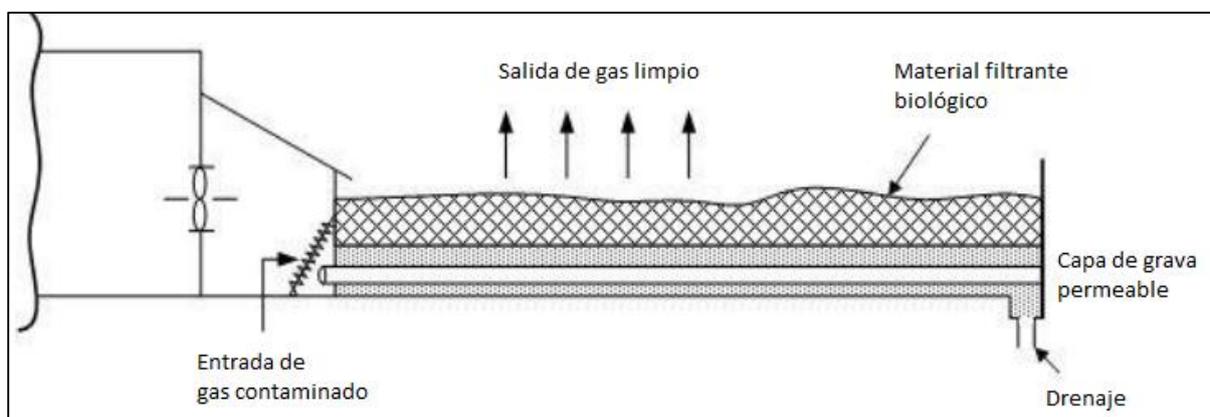
Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Discusión

No se menciona esta técnica en las entrevistas realizadas a plantas nacionales, debido a que no se utiliza comúnmente en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. Esta técnica no es considerada, entre otros motivos, debido a que la efectividad de las bacterias depende de un medio estable de pH, un caudal constante de entrada de agua, alimentación de los organismos por compuestos orgánicos, y adición de bacterias de manera periódica, lo que aumenta los costos de operación. Por lo tanto, al no considerarse una técnica que permite un alto rango de variación de los flujos residuales, no es considerada en el sector local.

5.1.2 Biofiltro

Tecnología que involucra un proceso biológico en que los contaminantes son alcanzados en el material filtrante y degradados por microorganismos presentes en el filtro. Es utilizado para el control o tratamiento de compuestos volátiles, orgánicos e inorgánicos, presentes en gases residuales. Su implementación es posible en plantas de alimento para peces como en planta de RILes como tecnología principal de abatimiento de olor, así como en plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado como tecnología complementaria posterior al tratamiento de los vahos.


Figura 5-2. Imagen explicativa para el biofiltro

Fuente: Brinkmann et al. (2016)

La Figura 5-2 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del biofiltro. El gas contaminado ingresa al biofiltro hasta el material filtrante biológico que es capaz de reducir compuestos como VOCs, sulfuros, aminas y amoniaco. Los compuestos residuales permean la capa de grava y son drenados. Se obtiene como producto gas limpio de salida, y drenaje residual.

Se considera que es una de las mejores tecnologías disponibles para el control de olores por su relación entre su inversión y eficiencia. Se prefiere que en el flujo de gas exista con una alta concentración de compuestos orgánicos, ya que constituyen la fuente alimento de los microorganismos del filtro (Corey & Zappa, 2016). Es importante considerar mantenciones periódicas y aspectos específicos para un buen funcionamiento del biofiltro para maximizar la eficiencia de reducción de olor.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de producción de plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado, y plantas de alimentos para peces. Para el caso de las plantas de harina y aceite, solo es posible su aplicación para tratamiento de vahos fríos.

5.1.2.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Para gases residuales con altos niveles de emisión de polvo, es necesaria la eliminación de este para no obstruir el material filtrante, por ejemplo, mediante lavadores de gases. Para su correcto funcionamiento, se requiere una red de agua potable bajo en cloro (5 litros por 1.000 m³ de aire tratado) para mantener un pH cercano al neutro, debido a que el producto de la descomposición por las bacterias es generalmente ácido y debe diluirse. El tiempo estimado de implementación es de 6 a 8 meses.

Es una tecnología efectiva para la depuración de olores de gases NH₃, H₂S y VOCs en bajas concentraciones, para un flujo de gas residual volumétrico de 200 a 10.000 m³/h, según los requerimientos. Utiliza poca energía (<1 kW/1.000m³/h), la que es requerida principalmente para el ventilador. Las condiciones de operación deben ser poco variables. Es necesario un drenaje regular para reducir el contenido de sal y el nivel de hidrocarburos no degradables, debido a la conductividad electrolítica, mediante una descarga fija determinada por la composición de los gases de combustión (Brinkmann et al., 2016)

Esta tecnología libera una pequeña cantidad de agua cargada de productos de degradación (como nitratos y sulfatos) y algunas sustancias orgánicas que deben ser vertidas al sistema de alcantarillado periódicamente entre 6 meses a 1 año (VITO, 2020). En algunos casos, luego de su instalación, algunos componentes como sulfuros orgánicos puede que continúen causando problemas de olor, por lo que se recomienda que esta tecnología sea complementaria con otra, como con un *scrubber* de aire seco (Stanley & Muller, 2012).

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-4. Eficiencia de reducción biofiltro

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Promedio para contaminantes de entrada	50 a 95%	(Corey & Zappa, 2016)
En plantas de Rendering ^a	Mayor a 90%	(European Comission, 2005)
Rango de aplicación 10.000 a 200.000 OUE/Nm ³	70 a 99%	(Brinkmann et al., 2016)
Rango de aplicación mayor a 5000 OUE /Nm ³	75 a 95%	(The European IPPC Bureau, 2003)

^a Rendering es el proceso que convierte desechos de carne o pescado en alimento apto para animales.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-5. Costos biofiltro

Características	Inversión	Operación	Fuente
Rendimiento: 5 - 50 t/h Área de filtración: 250 - 2500 m ²	5 a 20 €/Nm ³ /h	93.475 €/año	(Germán et al., 2017)
Flujo volumétrico: 200 cfm Concentración: 220 ppm	32.740 USD	1.630 USD/año	(Stanley & Muller, 2012)
Flujo volumétrico: 1.000 Nm ³ /h	8 a 14 €/Nm ³ /h	< 200 €/m ³ (aditivos)	(Schenk et al., 2009)

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2 Discusión

A nivel nacional, se destaca que los biofiltros son la principal tecnología usada en plantas de alimento para peces, para el tratamiento de vahos provenientes de sus procesos productivos, en particular del proceso de extrusión, cocción, y secado. A partir de las entrevistas realizadas a nivel nacional, para flujos menores a 100.000 m³/hora se evidencian eficiencias del 90%⁶. Los costos levantados oscilan entre los \$700.000 USD y \$1.000.000 USD para plantas de alimento para peces⁷ en la zona sur del país. Además del equipo, los costos incluyen el envío el equipo e implementación in situ. Adicionalmente, existen costos extras para su implementación, por ejemplo, se ha informado, en las entrevistas a titulares, que los costos de montaje podrían llegar a los \$500.000 USD⁸.

En términos de operatividad se destaca que es una tecnología que no requiere altos costos para operación y mantención. Hay que tener la precaución de mantener el lecho filtrante en buenas condiciones y realizar cambios al menos una vez al año, o según se estime necesario. En general, los biofiltros requieren una gran área para su instalación, por lo que se debe tener en cuenta el lugar a donde se quiere implementar esta medida.

5.1.3 Bioscrubber

Es un depurador biológico que funciona mediante la descomposición microbiana de los contaminantes absorbidos en un medio depurador que contiene una elevada concentración de microorganismos. Este depurador combina absorción por lavado de gas, y biodegradación,

⁶ Información obtenida a partir de información enviada por titular, código de documento DCT02.

⁷ Información obtenida a partir de la entrevista realizada a titular, código de documento MRT01.

⁸ Información obtenida a partir de información enviada por titular, código de documento DCT02.

con microorganismos suspendidos en el agua (Brinkmann et al., 2016). Puede operar en varias etapas, y usar absorbentes de diferentes valores de pH, para obtener la degradación de componentes olorosos en la mayor medida posible. Para implementar bioscrubbers se debe tener en consideración la posibilidad de eliminar por lavado los componentes de los gases residuales. Esta medida es efectiva para gases de H_2S , y debido al subproducto de la descomposición de este, el ácido sulfúrico, es posible remover aminas y amoniaco en alto porcentaje (Corey & Zappa, 2016).

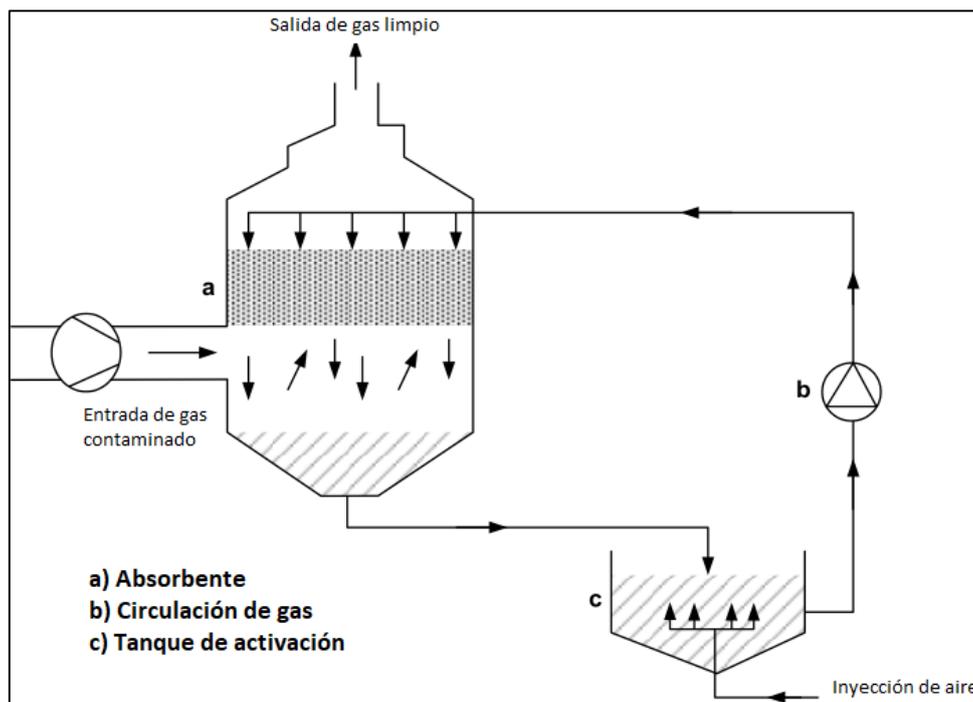


Figura 5-3. Imagen explicativa para el bioscrubber

Fuente: Brinkmann et al. (2016).

La Figura 5-3Figura 5-2 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del bioscrubber. El gas contaminado ingresa a la torre de absorción, para luego circular hasta el tanque de activación biológico. El gas circula nuevamente a la torre de absorción con un tiempo de residencia de 1 a 3 segundos, antes de salir del equipo como gas limpio. el tanque de activación biológico es capaz de reducir compuestos como VOCs, sulfuros, aminas y amoniaco. Los compuestos residuales permean la capa de grava y son drenados. Se obtiene como producto gas limpio de salida, y drenaje residual.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de producción en ambas plantas, para tratamiento de vahos fríos o calientes.

5.1.3.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Los nutrientes para los microbios se deben agregar a los absorbentes en cantidades controladas (European Comission, 2005). Los componentes gaseosos lavados deben ser biodegradables en condiciones aeróbicas. Es necesario drenar regularmente el agua de lavado para reducir el contenido de sal e hidrocarburos no degradables a partir de una descarga fija, con una frecuencia determinada por la composición del gas, según el nivel de contaminación

del agua. Debido a lo anterior, se requiere adición de agua fresca, en lo posible agua blanda (Brinkmann et al., 2016).

Los bioscrubbers no son recomendados para altas variaciones de H₂S, debido a que los microorganismos del *scrubber* no responden rápidamente a los cambios de concentración (Corey & Zappa, 2016).

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-6. Eficiencia de reducción bioscrubber

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Rangos de 10 a 1.000 ppm de H ₂ S.	90 a 99%	(Corey & Zappa, 2016)
-	70 a 90%	(European Comission, 2005)
-	70 a 80%	(VITO, 2020)
En dos etapas: Scrubber biológico + químico.	40 a 77%	(Germán et al., 2017)
Depende de la configuración y reactivos.	70 a 80%	(Schenk et al., 2009)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-7. Costos bioscrubber

Características	Inversión	Operación	Fuente
Para flujo volumétrico en 1.000 m ³ /h	5 a 15 €	5 a 10 €/año	(Germán et al., 2017)

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2 Discusión

No se menciona esta técnica en las entrevistas realizadas a plantas nacionales, debido a que no se utiliza comúnmente en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. Esto ocurre debido a que el bioscrubber es una modificación de un *scrubber* común, con inclusión de bacterias que juegan un rol importante en la degradación de compuestos orgánicos. Por otro lado, esta tecnología al requerir algún tipo de microorganismos aumenta los costos de operación. Además, así como se mencionó en la Sección 6.1.1 de bacterias y probióticos, el bioscrubber considera las mismas restricciones de operatividad en cuanto a un medio estable de pH y flujo constante de agua.

5.1.4 Biotrickling

Tecnología que consiste en una columna de absorción de lecho empacado que es humedecida y alimentada con nutrientes. La biomasa debe permanecer en el relleno sin eliminarse con el agua. Los componentes del gas contaminado son descompuestos por una capa de microorganismos que crecen en el relleno (sustancia porosa que permite a la biomasa sostenerse adecuadamente). El biotrickling es efectivo para remover los componentes de amoníaco, H₂S, VOCs, mercaptanos, entre otros (Schenk et al., 2009).

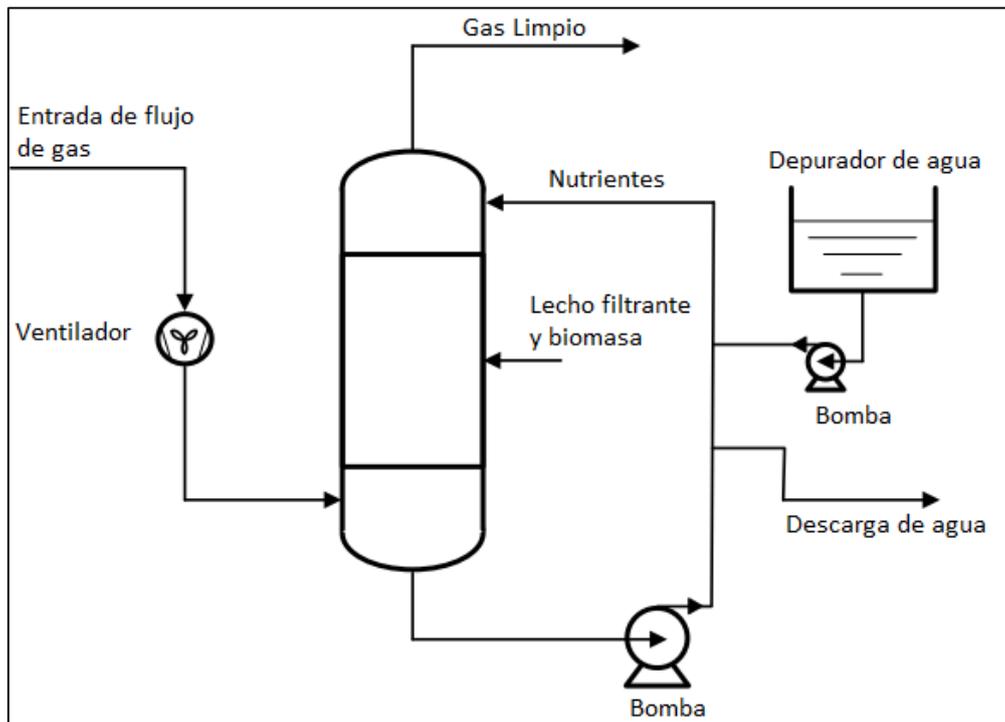


Figura 5-4. Imagen explicativa para el biotrickling

Fuente: Brinkmann et al. (2016).

La Figura 5-4 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento de un equipo biotrickling. En general, son aparatos más pequeños que el biofiltro, con un costo de operación más barato y de más fácil implementación, por lo que responden bien a bajas cantidades de flujo de vahos para tratar.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de producción para tratamiento de vahos fríos.

5.1.4.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Se requiere una red de agua no clorada, y una superficie extensa para instalación de los equipos. Se debe monitorear constantemente el pH para no afectar los microorganismos del relleno, y la conductividad del agua para la alimentación de estos. La temperatura del gas a tratar puede oscilar entre los 15°C y 40°C.

El exceso de biomasa puede obstruir el relleno, por lo que debe ser controlado y medido según el flujo de gas a operar. No se deben realizar variaciones bruscas del flujo de gas contaminado, debido a que se requiere un periodo de aclimatación de algunas semanas. Funciona mejor para bajas concentraciones de contaminantes. El tiempo estimado de implementación de 6 a 8 meses.

Es posible su instalación en infraestructuras existentes y nuevas. En general, funciona adecuadamente para flujos de gas volumétrico entre 1.000 a 500.000 m³/h.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-8. Eficiencia de reducción biotrickling

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Promedios de mediciones 30 minutos.	70 a 90%	(Envirometrika, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-9. Costos biotrickling

Características	Inversión	Operación	Fuente
4 horas de personal por semana	10 a 30 €/m ³ /h	Mínimo	(Schenk et al., 2009)
-	5 a 20 €/Nm ³ /h	0,77 €/1.000m ³	(The European IPPC Bureau, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2 Discusión

Esta tecnología puede ser una alternativa a los lavadores de gases o filtros de carbón activado para vahos capturados del proceso productivo. Su eficiencia es mayor a los *scrubbers* tradicionales y los costos de operaciones son más bajos. Es posible transformar un lavador de gases para que funcione como un biotrickling/bioscrubber.

Existen proveedores a nivel internacional que realizan la instalación de esta tecnología, con un costo aproximado de \$1.038.900 Euros⁹, que incluye el equipo, panel de control e insumos para la instalación.

No se menciona esta técnica en las entrevistas realizadas a plantas nacionales, debido a que no se utiliza comúnmente en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. Debido a que esta técnica tiene un funcionamiento similar a un biofiltro (ver Sección 5.1.2), así como restricciones de operación y esfuerzos de proceso similar, generalmente las plantas procesadoras se inclinan a la tecnología de biofiltro, la que está más popularizada para el abatimiento de olores, con un costo inferior (ver Sección 5.1.2).

5.2 Tratamientos fisicoquímicos

5.2.1 Condensador

El condensador permite que los contaminantes de gas decanten junto con vapor de agua, mediante el enfriamiento del gas por un sistema refrigerante (pared fría en un intercambiador de calor o un líquido). Al disminuir la temperatura, se reduce la presión de vapor de los contaminantes en la corriente de gas. Si la presión de vapor cae por debajo de la presión parcial del contaminante, el gas se condensará en forma de gotas. Los contaminantes solubles en agua como ácidos, alcoholes o amoníaco se disolverán parcialmente en el condensado. Esto puede hacer que se produzcan fuertes reducciones de olores.

⁹ Fuente de cotización directa, código de documento DCP04.

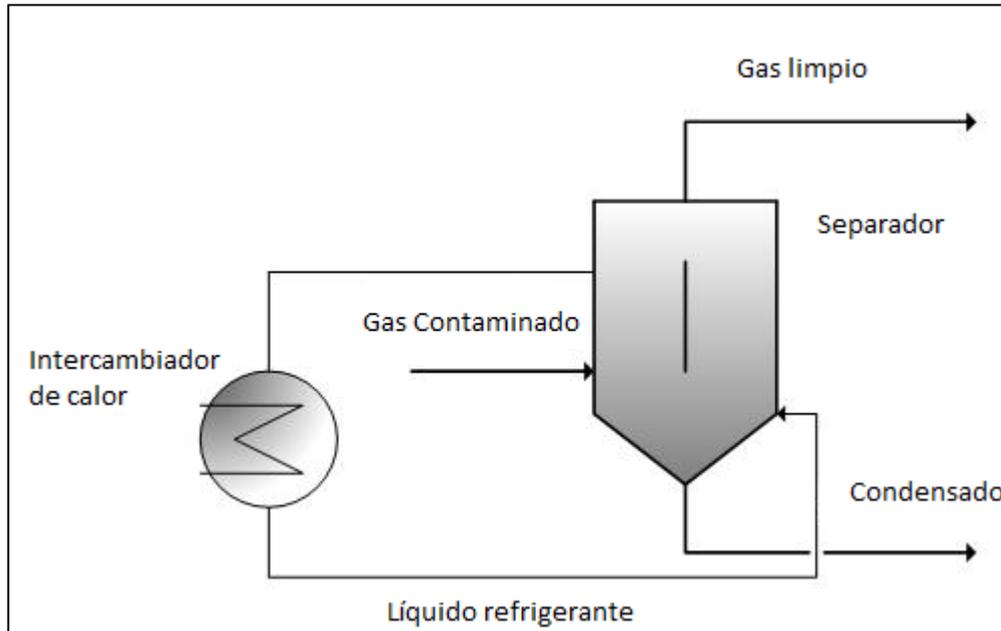


Figura 5-5. Imagen explicativa para el condensador

Fuente: VITO (2020).

La Figura 5-5 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del condensador. El gas contaminado entra al separador, y un líquido refrigerante provoca la condensación de la humedad, el que se mantiene frío debido al intercambiador de calor. Del separador sale gas limpio, y líquido condensado (agua con gases condensables).

En las plantas de elaboración de harina y aceite de pescado, el uso de condensadores es necesario para eliminar la humedad de los vahos provenientes de los procesos. En general, un condensador normalmente es complementado con otra tecnología de abatimiento de olor.

Par la reducción de olores, la eliminación se realiza por dos procesos: Condensar las sustancias contaminantes, y/o absorber las moléculas de olor en gotas de agua condensadas. El rendimiento de reducción de olores está determinado por la humedad del aire entrante, la carga contaminante y el tipo de contaminante que se encuentra en los gases residuales (VITO, 2020).

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de producción para eliminar el alto poder calorífico de vahos calientes provenientes del proceso de secado.

5.2.1.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Para reducir el olor, normalmente se opta por enfriar mediante algún refrigerante, sin enfriamiento mecánico adicional. El enfriamiento hasta el punto de congelación también es posible, pero el uso de energía y los aspectos de costo de la instalación aumentan drásticamente. El agua condensada debe enviarse a un tratamiento de agua para ser eliminado correctamente. Se requiere una alta energía para su operación. Para el refrigerante se necesita una bomba de recirculación y un ventilador (VITO, 2020).

Para la implementación del condensador se debe considerar la temperatura del gas residual, la humedad del gas y el caudal total de entrada. La temperatura de condensación de los gases residuales debe superar los 40°C. Su funcionamiento es adecuado para gases con alta carga de sustancias orgánicas condensables.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-10. Eficiencia de reducción condensador

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Depende del nivel de humedad del gas.	50% a 90%	(VITO, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-11. Costos condensador

Características	Inversión	Operación	Fuente
Flujo de gas: 1.000 Nm ³ /h. No considera agua, bomba ni tuberías.	5.000 €	Costos de personal. No se incluye sistema de refrigeración.	(VITO, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Discusión

Generalmente, esta es la tecnología inicial de tratamiento de vahos, la que aprovecha la energía obtenida de los gases calientes para usarla nuevamente en el proceso de producción. En las plantas nacionales de harina y aceite de pescado es posible encontrar condensadores o plantas evaporadoras que actúan como condensador (aunque puede requerir un condensador adicional, dependiendo de las características de temperatura y concentración de los flujos de entrada y salida). Se reporta que esta tecnología es necesaria para optimizar el tratamiento posterior de vahos. puede

5.2.2 Filtro de carbón activado

Este es un método de adsorción de componentes químicos, utilizado para el tratamiento de gases con baja intensidad de olor. Son equipos que en su interior cuentan con relleno de carbón de alta porosidad para captar las moléculas de los gases que generan contaminación y olor. Una alternativa al carbón activado puede ser la zeolita o la arcilla. Existen principalmente tres tipos de carbones activados: carbón activado común, carbón activado impregnado químicamente y el carbón activado catalítico. Puede ser usado principalmente como tecnología final de tratamiento, que complementa con otras medidas previas de abatimiento de olor.

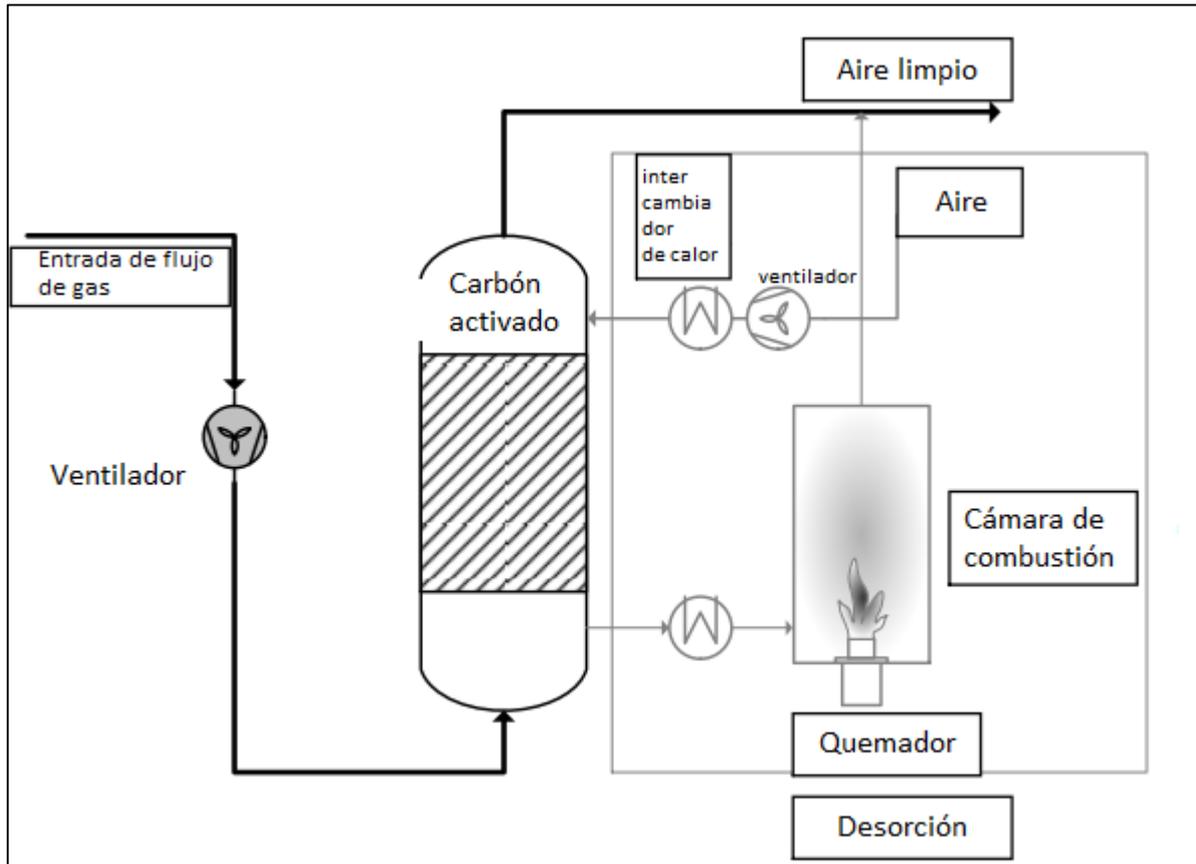


Figura 5-6. Imagen explicativa para filtro de carbón activado

Fuente: Schenk et al. (2009).

La Figura 5-6 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del filtro de carbón activado. La aplicabilidad de la técnica-económica depende en gran medida por la cantidad de reactivaciones de la carga de carbón activo durante un año. Para la industria de alimento para peces es posible su uso en enfriadores. Dentro de las alternativas, es posible utilizar un filtro de carbón catalítico, que posee una mayor eficiencia y vida útil. Responde bien a contaminantes gaseosos como H_2S , amoníaco, sulfuros reducidos y VOCs. El material adsorbente satura a medida que adsorbe componentes odorantes en el tiempo, por lo tanto, su eficiencia es variable hasta el punto de máxima saturación, por lo que es relevante conocer la vida útil del carbón utilizado.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de recepción, sector de producción, almacenamiento y en la planta de tratamiento de RILes.

5.2.2.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Es necesario que la temperatura de operación y humedad del gas contaminado que entra al sistema de adsorción se encuentre por debajo del punto de ignición del carbón (material adsorbente). En cuanto al contaminante H_2S , este no debe superar los 2 ppm en carbón activado simple y de 20 a 30 ppm con máximas de 200 ppm para carbones impregnados y catalíticos, respectivamente. Su tiempo de implementación es de 1 a 3 meses, para instalaciones nuevas o existentes.

Se considera que se necesitarían 12,23 m³ de carbón por cada 1.000 cfm¹⁰ de flujo gaseoso según una cotización obtenida por personal especializado en filtros de carbón activado (Gottschalk, 2017). El gas contaminado debe contener una baja humedad y estar a altas temperaturas, bajo el punto de ignición del carbón. Se debe tener precaución con componentes aerosoles, polvo o grasas, ya que pueden arruinar el filtro, por lo que deben ser eliminadas previamente (Corey & Zappa, 2016)

Para la industria de elaboración de harina de pescado es posible instalar estos filtros en el sector de recepción pozos de pesca, en molinos de elaboración de harina y en los desechos de RILes finales. En términos de caudal del gas, este puede oscilar entre 500 a 50.000 m³/h.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-12. Eficiencia de reducción filtro de carbón activado

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Carbón activado Catalítico	99%	(Corey & Zappa, 2016)
Cualquier tipo de carbón	80 a 95%	(VITO, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-13. Costos filtro de carbón activado

Características	Inversión	Operación	Fuente
Depende del tipo de carbón y la cantidad de recargas.	100.000 USD (no impregnado), 140.000 USD (catalítico)	30.100 USD/año (catalítico), 315.800 USD/año (no impregnado)	(Corey & Zappa, 2016)
No considera costos de ayudantes y aditivos químicos.	10 a 50 €/Nm ³ /h	3.000 a 4.500 €/ton	(Schenk et al., 2009) y (The European IPPC Bureau, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Discusión

Se reconoce a nivel nacional que esta es una de las tecnologías más conocidas a nivel nacional para el tratamiento de vahos. Sin embargo, debido a los altos costos de mantención y a su gran área de instalación, los filtros de carbón activado no son típicos en las plantas del sector hidrobiológico. Generalmente, son usados al final del proceso, para aumentar la eficiencia de remoción de olor, antes que los gases sean enviados a la atmosfera.

A partir de entrevistas con proveedores de tecnologías del sector, se concluye que los filtros de carbón activado funcionan bien para bajos volúmenes de gas¹¹. Los costos de implementación y montaje para el tratamiento de 1.500 m³/hora y 3000 ppm de entrada rondan los \$230.000.000 CLP, y los costos en obras civiles están en \$50.000.000 CLP aproximadamente, según opinión de expertos¹². Los costos de operación son variables según

¹⁰ CFM es la medida de pies cúbicos por minuto (por sus siglas en ingles *cubic feet per minute*)

¹¹ Información obtenida a partir de entrevista a proveedor, código de documento MRP03

¹² Información obtenida a partir de entrevista a proveedor, código de documento MRP01

el tipo de carbón empleado, así como la cantidad de carbón necesaria para el recambio, que debe considerar además costos de disposición final del carbón ya utilizado.

5.2.3 Incineración

Consiste en la quema de componentes químicos provenientes del gas contaminado. El gas entra al incinerador por succión. Esta medida funciona bien si es procesado pescado fresco. Es un proceso efectivo siempre y cuando se utilice como medida adicional, luego de que el flujo de aire pase por algún tipo de lavadores de gases para reducir los problemas de olor en al menos un 50% (The European IPPC Bureau, 2003). Durante este proceso es posible recuperar el calor, aproximadamente el 95%, para calentar aire y ser usado en otro proceso.

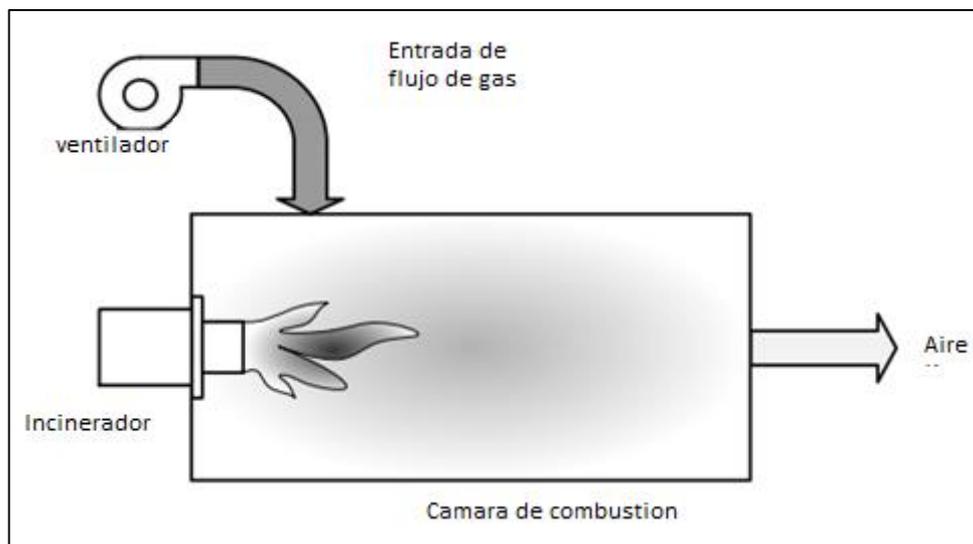


Figura 5-7. Imagen explicativa para el Incinerador

Fuente: Schenk et al. (2009).

La Figura 5-7 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del incinerador. El gas de entrada es incinerado en la cámara de combustión, con el fin de eliminar por combustión partículas odorantes.

Los sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Todos los sectores de la planta, como parte final de tratamiento de vahos, según la configuración de los ductos de transporte de gas. La incineración es realizada en las cámaras de combustión de las calderas.

5.2.3.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Esta medida es efectiva si se utiliza más de un incinerador, de manera que estos puedan operar en ciclos de al menos 30 segundos. Como desventaja, es que necesita un alto consumo de energía, aproximadamente 1 m³ de gas natural por cada tonelada de pescado tratado (European Comission, 2005). Es posible su instalación en plantas existentes y nuevas. La temperatura de incineración efectiva es de 850°C por segundo. Como subproducto de la operación, por cada 100 ton/h de pescado tratado, se producen en promedio 20 toneladas de aire seco, sin olor, y vapor de agua, la que es condensada para ser llevada a tratamiento

(European Commission, 2005). A continuación, se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-14. Eficiencia de reducción incineración

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Utiliza 3 incineradores para 80.000 m ³ /h de flujo de gas.	99.5%	(Envirometrika, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-15. Costos incineración

Inversión	Operación	Fuente
10 a 150 €/m ³ /h	Altos costos de consumo energético	(Envirometrika, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2 Discusión

Se reconoce que esta técnica fue muy utilizada entre los años 1980 y 2000, al comienzo de las operaciones de varias plantas, como técnica de oxidación térmica, cuando no existía ningún tipo de regulación para los olores. Se evidenció que aún existen plantas que realizan esta técnica como parte final del tratamiento. Sin embargo, actualmente se sabe que esta no es una técnica efectiva, debido a que se requieren condiciones específicas para lograr la remoción de olor.

En particular, para poder destruir los componentes olorosos, es necesario temperaturas entre 850 y 1200°C, y tiempos de residencia mayores a 2 segundos. Generalmente las plantas no cumplen estas condiciones, por lo que la incineración en caldera no produce ningún efecto sobre el olor, e incluso este vaho que entra a incineración puede ir en desmedro del correcto funcionamiento de la caldera, debido a la corrosión que el gas puede producir en el equipo.

Hoy en día, solo se reconoce una planta a nivel nacional que realiza la quema por incineración de gases odorantes de acuerdo con los protocolos de control, con tiempo de residencia de 2,6 segundos y temperatura de 1000°C (ver Tabla 3-7, identificado como RTO). Aun así, la técnica es posible para un caudal bajo de vahos, en torno a los 3000 m³/hora. En general se recomienda no realizar la quema de vahos en cámaras de combustión, debido a que no se tienen registros formales de su aporte en la remoción de olor.

5.2.4 Sistema de atomización de agentes neutralizantes

Método de tratamiento para enmascarar y neutralizar el olor. El agente se mezcla directamente con el flujo de gas contaminado, usualmente al atomizar un líquido neutralizante. Se recomienda el uso de neutralizantes sin fragancias ya que son agentes que interfieren con las moléculas odorantes para reducir la intensidad del olor de la mezcla. (Envirometrika, 2019).

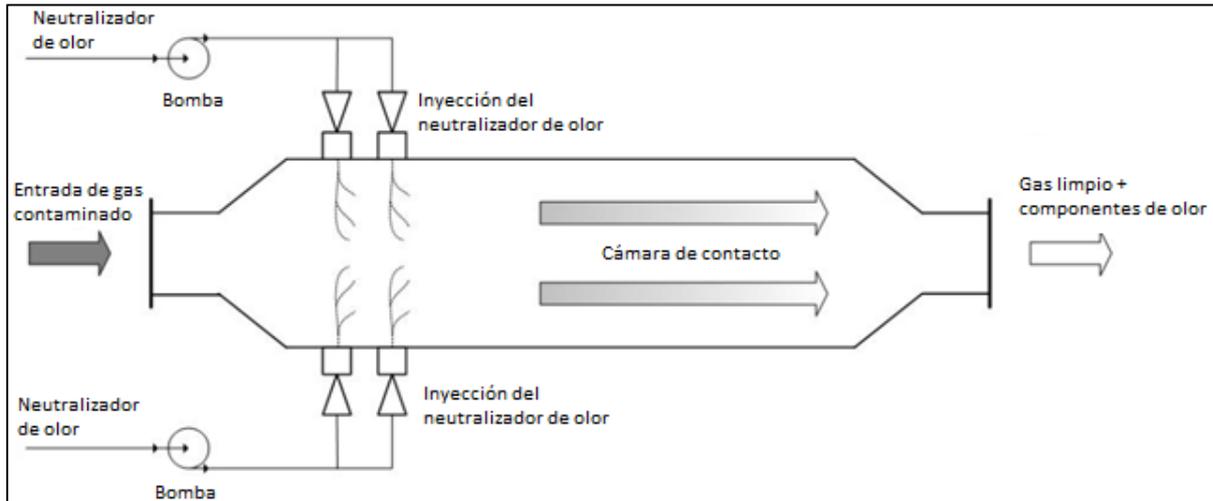


Figura 5-8. Imagen explicativa para el sistema de atomización de agentes neutralizantes
Fuente: VITO (2020).

La Figura 5-8 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del sistema de atomización. La efectividad dependerá de cuán preciso es el tipo de instalación y las características del agente neutralizante. Este sistema es útil principalmente para eventos periódicos de olores, y no para eventos continuos debido a que la inyección es puntual y no continua.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de producción y en planta de tratamiento de RILes.

5.2.4.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Para su instalación, en plantas existentes o nuevas, se requieren postes con sistemas de sujeción a una altura que permita asegurar el funcionamiento del atomizador. Se puede operar en ductos, o directamente en la fuente emisora a la atmosfera. En términos de consumo, es necesario el uso constante de agua durante la operación, y electricidad. El tiempo estimado de implementación es 2 a 3 semanas (Envirometrika, 2019). Por otro lado, es necesario un bajo contenido de polvo para evitar el bloqueo de los atomizadores (VITO, 2020).

Para una correcta operación, el volumen de agentes de inyección debe ser de alrededor de 1 litro/h para 1.000 m³/h de flujo gaseoso (dilución 1/1.000) (VITO, 2020). Además, se deben considerar al menos 100 metros de ducto de atomizadores, y boquillas de dispersión cada 5 metros.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-16. Eficiencia de reducción de sistema atomización de agentes neutralizantes

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Sistema atomización 100 metros lineales, 21 boquillas	Desde 50%	(Envirometrika, 2019)
Industria de alimentos	60 a 75%	(VITO, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-17. Costos sistema atomización de agentes neutralizantes

Características	Inversión	Operación	Fuente
100 metros lineales 21 boquillas	5,000 USD/100 m	10 a 14 USD/h/100 m	(Envirometrika, 2019)
Caja de control, vaporizadores, ventiladores, tuberías y montaje.	4.000 a 12.000 €	15 a 200 €/litro de agente neutralizante	(The European IPPC Bureau, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2 Discusión

No se menciona esta técnica en las entrevistas realizadas a plantas nacionales, debido a que no se utiliza comúnmente en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos.

5.2.5 Tratamiento luz UV/Ozono

Esta tecnología es capaz de descomponer los componentes de olor a través de una cámara que es irradiada con luz ultravioleta. Los compuestos son eliminados mediante métodos de irradiación UV y adición de ozono. El primer método es por fotólisis directa, que descompone VOCs, NH₃, H₂S y aminas. El segundo método es a través de radicales libres de oxígeno para descomponer los compuestos restantes de la primera etapa (Envirometrika, 2020a). En algunos casos, posterior al proceso de oxidación de los compuestos, algunos proveedores colocan otro tipo de catalizador, como carbón activado, para completar el proceso de oxidación del ozono sin reaccionar en oxígeno y ser liberado a la atmosfera (Schenk et al., 2009).

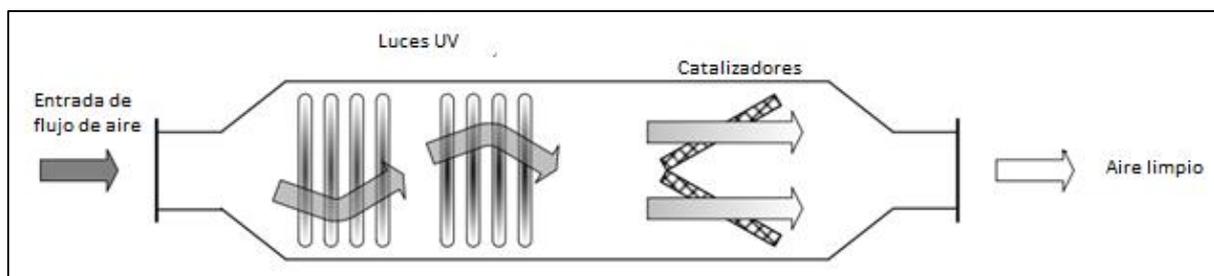


Figura 5-9. Imagen explicativa para el tratamiento luz UV/Ozono

Fuente: Schenk et al. (2009).

La Figura 5-9 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del tratamiento de luz UV/Ozono. La presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del incinerador. Existen casos de implementación en plantas de tratamiento de RILes, así como en plantas de elaboración de harina y aceite de pescado como medida complementaria.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de recepción, producción y planta de RILes.

5.2.5.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Es importante ser capaz de remover el polvo fino del flujo gaseoso, para evitar que este afecte la efectividad de la luz ultravioleta. Asimismo, un gas muy contaminado puede afectar la eficiencia considerablemente debido a la densidad del flujo. Se espera que los contaminantes como H₂S, NH₃, aminas o mercaptanos sea menor a los 50 ppm de concentración, y que los VOCs sean menor a 500 mg/m³ (Schenk et al., 2009).

Se debe considerar el uso de energía eléctrica para la lampara de luz y ventilador para impulsar el flujo. La temperatura de entrada del gas no debe superar los 60°C. Se espera que humedad en el momento de la aplicación, no sobrepase el 85% (VITO, 2020). Es posible su instalación en plantas existentes y nuevas. El tiempo de implementación de esta tecnología varía entre los 6 y 8 meses (Schenk et al., 2009).

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-18. Eficiencia de reducción de tratamiento luz UV/Ozono

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
En condiciones óptimas de operación	80 a 98%	(Schenk et al., 2009)
Instalaciones de purificación de agua	> 90%	(VITO, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-19. Costos tratamiento luz UV/Ozono

Características	Inversión	Operación	Fuente
Aplicabilidad 2.000 a 58.000 m ³ /h	7,4 a 10,3 USD/m ³ /h		(Schenk et al., 2009)
Flujo volumétrico 10.000m ³ /h de gas	5 a 7 €/Nm ³ /h	3 a 25 €/kg VOC	(The European IPPC Bureau, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5.2 Discusión

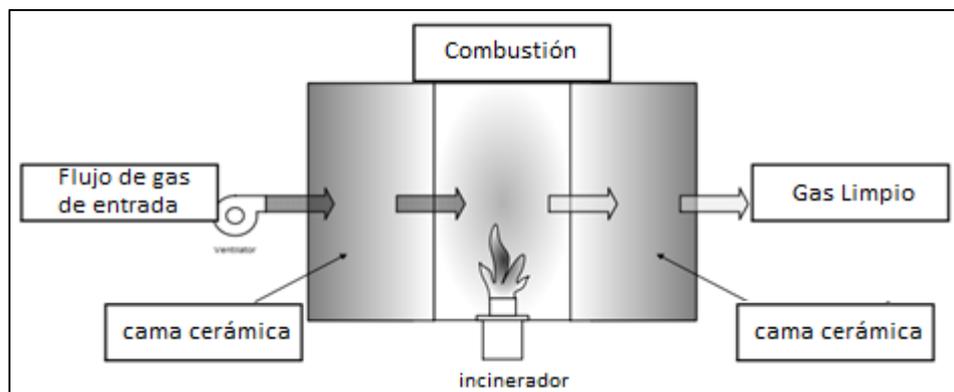
Esta es una de las tecnologías presentes en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos debido a su efectividad. Existen proveedores en Chile que implementan estos equipos. Esta técnica es utilizada como tratamiento posterior a la condensación de vahos y/o primer lavado fisicoquímico. Según la configuración de los ductos de transporte de vahos, es posible unir los vahos provenientes de plantas de RILes con otros procesos, como la recepción en pozos, para enviar estos vahos directo al equipo UV/Ozono.

En términos operativos, se requieren que la temperatura de los vahos de entrada esté por debajo de los 60°C, y que no estén presenten polvos finos que puedan entorpecer el funcionamiento de luz UV. Los flujos que se pueden manejar dentro de un equipo UV/Ozono están entre los 10.000 a 60.000 m³/h.

Los costos de estos equipos varían entre los \$200.000 USD y \$400.000 USD, según lo levantado a partir de entrevistas y cotizaciones¹³, que no incluyen la cantidad luces UV utilizadas o catalizadores en el sistema. Además, se registran otros valores de operación, por concepto de uso de energía, adición de ozono, y recambio de luces UV.

5.2.6 Oxidación térmica

Para esta medida los gases deben mantenerse a altas temperaturas durante un período de tiempo necesario dentro del reactor térmico, por lo que los contaminantes se oxidan con oxígeno en CO₂, H₂O, N₂, SO_x, HCl, entre otros compuestos (VITO, 2020). Una variante de esta tecnología es la oxidación térmica regenerativa (RTO, por siglas en inglés).



Nota: El diagrama corresponde a la variante oxidación térmica regenerativa (RTO)

Figura 5-10. Imagen Explicativa para el tratamiento de oxidación térmica

Fuente: Schenk et al. (2009).

La Figura 5-10 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del tratamiento de oxidación térmica regenerativa (RTO). Además, la Figura 5-7 presenta la imagen explicativa del incinerador, que es equivalente a un proceso de oxidación térmico simple.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de proceso productivo, en la fase final del tratamiento de vahos, de manera de destruir térmicamente los componentes odorantes.

5.2.6.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Esta tecnología es económicamente viable para grandes caudales de gas contaminado a tratar. Los sistemas RTO normalmente son usados para tratar flujos de hasta 250.000 Nm³/h, en concentraciones de 1 a 10 mg/Nm³ de agentes generadores de olor. Poseen una elevada eficiencia térmica cercana al 97%. El tiempo estimado de implementación es de 6 a 8 meses. Para que la tecnología RTO funcione de manera óptima, esta debe cumplir con condiciones de operación de temperatura, la que debe oscilar entre 850 y 900°C. En el caso de contener halogenados y compuestos orgánicos (sobre 1%) se recomiendan temperaturas superiores a

¹³ Información obtenida a partir de información enviada por titular, código de documento MRT11, e información enviada por proveedor, código de documento DCP03.

1100°C. El tiempo de residencia para esta temperatura debe ser entre 2 a 5 segundos (Brinkmann et al., 2016).

Las concentraciones de MP debe ser inferior a 5 mg/Nm³. Los gases contaminados con grasa o polvo pueden ensuciar el intercambiador de calor, causar bloqueos, y afectar el rendimiento. Por ello, las concentraciones de polvo deben ser inferiores a 3 mg/Nm³. Es posible la aplicación de esta tecnología para un flujo de gas entre 2.000 a 200.000 m³/h.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-20. Eficiencia de reducción oxidación térmica

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Elevada eficiencia de destrucción de VOC (99,5% para RTO de 3 lechos)	Mayor a 95%	(Brinkmann et al., 2016)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-21. Costos oxidación térmica

Características	Inversión	Operación	Fuente
Posible necesidad de utilizar extractores para atmosferas explosivas (ATEX)	15,5 a 32 USD/m ³ /h	Medio y alto	(European Comission, 2005)
Intervalos consideran diferentes variantes de la tecnología	24 a 89 USD/Nm ³ /h	3,6 a 12 USD/Nm ³ /h	(The European IPPC Bureau, 2003)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.2 Discusión

En general la oxidación térmica ocurre en equipos RTO. A nivel operacional, se considera que la entrada de vahos debe ser de unos 60°C. Este proceso térmico requiere temperaturas entre 800 a 950 °C, con temperatura de diseño de hasta 1200°C. Se conoce que esta tecnología ha sido implementada en una de las plantas a nivel nacional, y se ha reportado un alto nivel de eficiencia, para flujos de 60.000 m³/h, de más del 95%. Esta tecnología es usada como medida final, una vez que los flujos fueron tratados en un condensador o lavador de gas.

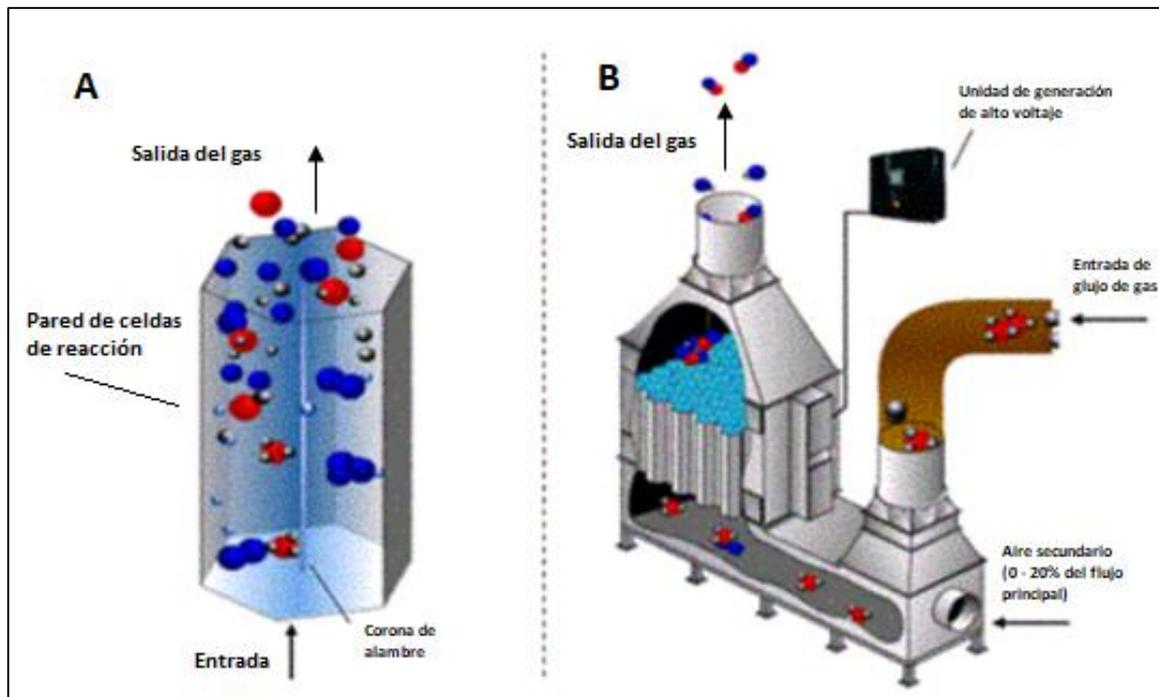
Dentro de las desventajas del RTO se encuentran su alto costo de adquisición y mantención, y costos de operación por uso de combustible. Por otro lado, es una tecnología de lenta activación y desactivación, que requiere al 8 horas para su encendido, y más de un día para que sea enfriado¹⁴. Los costos identificados para esta tecnología superan el valor de \$1.000.000 USD (ver Sección 5.4). Se estima que el tiempo de implementación de esta tecnología es de unos 6 meses.

5.2.7 Plasma frio/no térmico

Técnica de reducción basada en la creación de un plasma en el gas residual, mediante el uso de un campo eléctrico fuerte. El plasma oxida compuestos orgánicos e inorgánicos. Esta tecnología descompone sus compuestos debido a una reactividad química muy fuerte en su

¹⁴ Información obtenida a partir de información comunicada por titular de PHA, código de documento MRT11.

interior. El proceso crea una zona de tratamiento altamente reactiva en los gases residuales en la que se descomponen las moléculas olorosas. La forma en que se crea esta zona reactiva puede variar.



A (imagen de la izquierda): Reacción de una sola celda de pared construida en hexagonal y una corona de alambre central. Las esferas simbolizan las moléculas siendo reorganizadas en la celda de reacción.

B (imagen de la derecha): Reactor consistente de 149 empaques de celda en una cámara.

Figura 5-11. Imagen Explicativa para plasma no térmico

Fuente: European Commison (2006).

La Figura 5-11 presenta un diagrama explicativo para el funcionamiento del tratamiento de plasma no térmico. Los principios generales utilizados en la tecnología de plasma no térmico son acelerar la destrucción natural de la composición química en la emisión del proceso. Por lo tanto, no hay subproductos creados a partir del proceso. Una de las ventajas, es que puede tratar gases residuales a presión y temperatura ambiente. Este proceso es conveniente para eliminar olores de componentes orgánicos, pero es menos eficiente para eliminar NH_3 y H_2 (Santonja et al., 2019). Permite una rápida oxidación de los compuestos contaminantes por el contacto con oxígeno y radicales reactivos. Se puede destacar su pequeño tamaño, y su bajo costo, pues no requiere flujo de agua ni químicos.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Sector de proceso productivo, para vahos fríos.

5.2.7.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Se requiere consumo de electricidad. Es posible implementar esta tecnología al final de una fuente puntual de olor, como tecnología complementaria. Esta técnica es posible operar con

casi el 100% de humedad en el flujo de gas. Se espera que la temperatura máxima de operación sea de 70°C.

Su instalación es posible en plantas existentes y nuevas. Esta tecnología es usada para altos flujos de aire y alta emisión de odorantes. Se registra un consumo de energía de 6 a 12 kW/h para un volumen tratado de 20.000 a 25.000 Nm³/h (Santonja et al., 2019).

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-22. Eficiencia de reducción plasma no térmico

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
flujo volumétrico: 135 m ³ /h.	Mayor a 90%	(Barkve & Andersen, 2013)
Depende del diseño, condiciones de proceso, y característica de olor.	75 a 96%	(Santonja et al., 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-23. Costos plasma no térmico

Características	Inversión	Operación	Fuente
Flujo volumétrico 20.000 a 25.000 Nm ³ /h	117.000 € (2004)	3500 a 6000 €/año	(Santonja et al., 2019)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.7.2 Discusión

Esta tecnología se mencionó solo una vez en una planta de alimento para peces, debido a que no se utiliza comúnmente en el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. A partir de la información recopilada, se evidencia que este equipo puede operar a un flujo aproximado de 100.000 m³/hora. Además, se evidenció que la tecnología puede ser capaz de tratar los vahos con más de 90% de efectividad. Dentro de las ventajas, se puede considerar que no genera residuos, pues no requiere de agua ni químicos, posee bajos costos de operación y puede tratar diferentes volúmenes de flujo para diferente tipo de vaho, por lo que puede ser una buena alternativa para implementaciones futuras, según el requerimiento operacional de cada planta.

Si bien es una tecnología con alta eficiencia y costos no tan altos se cree que no es muy utilizada en las plantas debido principalmente a desconocimiento y poco uso nacional, por lo cual se privilegian las tecnologías conocidas, recurrentes y con respecto a las cuales se tiene más información, proveedores y experiencia.

5.2.8 Scrubber Químico

Esta tecnología consiste en que el flujo de gas contaminado entre en contacto con una corriente líquida absorbente (ácida, alcalina u oxidante), para transferir al medio líquido los compuestos que generan mal olor. Los *scrubbers*, o lavadores de gases, usan técnicas fisicoquímicas para la reducción de la temperatura y la oxidación de los gases odorantes. Este

tipo de sistemas se debe aplicar para eliminar contaminantes que sean solubles como es el H₂S, HCl, SO₂, NH₃, VOCs y MP (Wysocka et al., 2019; Germán et al., 2017).

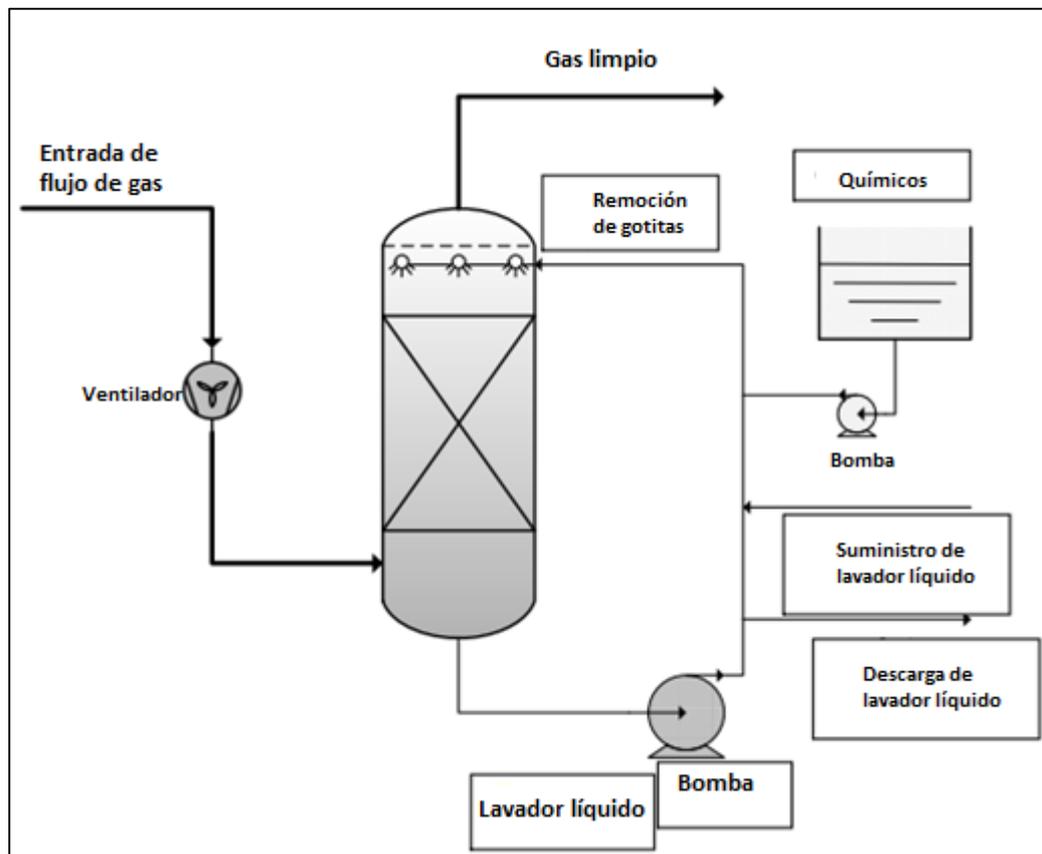


Figura 5-12. Imagen explicativa para el scrubber químico

Fuente: Schenk et al. (2009).

La presenta Figura 5-12 un diagrama explicativo para el funcionamiento del *scrubber* químico, también llamado lavadores de gases químico. A partir de las entrevistas realizadas y la literatura, se obtuvo algunas variantes de esta tecnología, según el tipo de absorbente, como el *scrubber* ácido, que opera a un bajo pH para capturar compuestos alcalinos y formar sales. Otra variante es el *scrubber* alcalino, que opera a pH básico y es capaz de oxidar componentes odorantes orgánicos. Otras variante es el *scrubber* de dos etapas, que usa compuestos ácidos y alcalinos (Wysocka et al., 2019; Germán et al., 2017).

Debido a que el abatimiento de olor es complejo en término de compuestos odorantes, se recomienda realizar pruebas piloto para determinar el tipo de *scrubber* más adecuado y el nivel de eficiencia (VITO, 2020). Es una medida efectiva para tratar vahos tratados previamente por un condensador.

Sectores a los cuales se les puede aplicar este tratamiento: Todos los sectores, recepción, producción, almacenamiento, y planta de tratamiento de RILes, según la configuración de los ductos de transporte de vahos.

5.2.8.1 Consideraciones, eficiencia de remoción de olor y costos

Los *scrubbers* se pueden utilizar en serie si es necesario, debido a la variedad de gases existentes en las fuentes de olor. A diferencia de otras tecnologías, estos pueden tratar flujos de gas con polvo o aerosoles. Se requiere contar con tratamiento de aguas y control continuo. Es necesario contar con el stock de sustancias o aditivos químicos para la preparación y operación de un *scrubber*, además de considerar el consumo de agua.

Se requieren equipos en serie para olores derivados de productos del mar. Se necesita un control estricto debido al uso de sustancias peligrosas continua. Durante su operación se pueden generar sales o compuestos peligrosos solubles en agua, por lo que es necesario contar con tratamiento de RILes en la planta (Envirometrika, 2019).

Para el proceso de elaboración de harina de pescado, el *scrubber* químico se puede implementar tanto en cocedores como en secadores. Por otro lado, el *scrubber* biológico es posible usarlo en pozos de recepción y para tratamiento de RILes. El tiempo para implementar esta medida es de 1 a 2 meses. Esta tecnología admite flujo de gas entre 1.000 a 100.000 m³/h.

Se presentan los valores de eficiencias y costos de la tecnología levantados a partir de la literatura:

Tabla 5-24. Eficiencia de reducción scrubber químico

Características	Eficiencia de reducción de olores	Fuente
Scrubber químico alcalino	70 a 90%	(Schenk et al., 2009)
Scrubber químico (absorción química)	50 a 85%	(Wysocka et al., 2019)
Scrubber químico de 2 etapas	90-95%	(Wysocka et al., 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-25. Costos scrubber químico

Características	Inversión	Operación	Fuente
Scrubber químico alcalino	5 a 20 €/Nm ³ /h	5 a 10 €/Nm ³ /año	(Germán et al., 2017)
Scrubber químico 10.000 cfm <100 ppm de H ₂ S	206.000 USD	148.000 USD/año	(Corey & Zappa, 2016)
Scrubber químico de 2 etapas	4 a 9 USD/cfm	9.000 a 14.000 USD/año, solo bomba de recirculación de aire.	(Gottschalk, 2017)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.8.2 Discusión

Se ha levantado a partir de las entrevistas que este tipo de tecnología es la más utilizada para el tratamiento de vahos provenientes de la etapa productiva y provenientes del condensador. En muchos casos, lavadores de gases físicos son utilizados para bajar la temperatura y condensar los vahos con agua de mar o agua dulce. Una de las variantes del *scrubber*, que es

la inclusión de ozono en el agua utilizada, es una de las técnicas que se reportó a nivel nacional (ver Sección 3.2 y 3.3).

En términos operativos, esta tecnología es capaz de permitir la entrada de vahos a temperaturas de 40 a 60°C, y para flujos desde 10.000 hasta 250.000 m³/h. Los requerimientos varían según el tipo de agua usada, el tamaño del equipo y el tipo de tratamiento dentro del *scrubber*. Las eficiencias reportadas van entre los 50% y 90%, según el tipo de tratamiento, y volumen de gas tratado.

A nivel nacional se reportan que esta tecnología es capaz de tratar volúmenes entre 10.000 a 25.000 m³/h con costos de inversión entre los \$50.000 USD a \$120.000 USD para lavadores de gases solo con agua. Se han levantado costos de inversión e implementación que superan los \$3.000.000 USD para tratamiento en *scrubber* con agua de mar ozonificada, que incluye los costos de adquisición de equipo, redes de agua de mar, fabricación de ductos, montaje y operación.

5.3 Tecnologías utilizadas en el país

A partir de las tecnologías levantadas de la literatura e información web, así como de las entrevistas realizadas a titulares de PHA y PAP, sobre los tipos de tecnologías utilizadas en las plantas nacionales, se ha evidenciado que algunas tecnologías prevalecen por sobre otras. Por otro lado, se ha concluido que solo la inversión en tecnología no es suficiente para el tratamiento de los vahos generados, pues se deben considerar inversiones en la captación de vahos por sistema de ductos, implementación de sellado de ductos para evitar emisiones fugitivas (control de la hermeticidad), los que dependen del tamaño de cada planta. Así también existen costos asociados a la instalación de la tecnología, adicional al costo de los equipos en sí.

En cuanto a las tecnologías que se han levantado de la realidad nacional, las más utilizadas son lavadores de gases físicos (condensador) y/o químicos (de una o de dos etapas) para plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado, y biofiltros para plantas de alimento para peces (ver Sección 3.2 y 3.3). Las otras tecnologías utilizadas corresponden a filtros de carbón activado, luz UV/Ozono, lavadores de gases químicos, y RTO. Dado que existen distintas posibilidades tecnológicas que se han levantado, se presenta una comparación cualitativa de los equipos utilizados a nivel nacional para presentar sus ventajas e inconvenientes:

Tabla 5-26. Comparación general de tecnologías utilizadas en el país

Tecnología	Descripción	Ventajas	Inconvenientes
Biofiltro	Tratamiento en filtro con microorganismos	Fácil operación, y más económico que el resto de las tecnologías. No requiere tratamiento de RILes	Requiere mucho espacio. Pocos tipos de contaminantes, y a bajas concentraciones.
Condensador	Intercambiador de calor mediante algún líquido refrigerante.	Disminuye la temperatura y la humedad del gas.	Gases de entrada deben ser superiores a 40°C. Es posible que requiera tratamiento RILes del agua producto del condensado.
Filtro de carbón activado	Adsorción de sustancias en el lecho de carbón. El adsorbente se cambia si se satura.	Fácil operación. Requiere poco espacio. Existen diferentes tipos de carbón según requerimiento.	La efectividad disminuye con el tiempo. Puede necesitar tratamiento de RILes si hay regeneración del adsorbente.
Luz UV/Ozono	Oxidación mediante radiación y agente ozono, por fotólisis directa y radicales libres.	Es altamente efectivo. No requiere adición de otros químicos ni tratamiento de RILes	Alto costo de inversión. Es necesario un pretratamiento para la remoción de polvo fino.
Oxidación térmica regenerativa (RTO)	Aumenta la eficiencia de intercambio de calor (hasta 95%). Operación de 850 a 1200°C.	Costos de operación menores a otros procesos oxidativos. NOx de salida bajo.	Requiere mucho espacio. Sistema muy pesado. Costo instalación elevado
Plasma no térmico	Destrucción de particular mediante un flujo eléctrico de alta intensidad	Sobre el 90% de reducción de olor. Para altos flujos de entrada.	Requiere alto consumo de electricidad.
Scrubber químico	Degradación de compuestos odorantes por contacto químico (ácidos, alcalinizantes u oxidantes)	Enfriamiento del gas. Costo instalación relativamente bajo. No requiere la eliminación previa de polvo o partículas.	Requiere tratamiento de agua residual y control. Los equipos pueden verse afectado por corrosión.

Fuente: Elaboración propia, a partir del estudio de Envirometrika (2020).

Las principales razones por la que el espectro de tecnologías se reduce a las mencionadas, se debe a temas operativos, disponibilidad temporal y geográfica, y costos para el sector de estudio. Por otro lado, las tecnologías que han sido implementadas fueron escogidas a partir de experiencias anteriores o recomendaciones internacionales, por lo cual, mientras más productores escojan cierta tecnología, más experiencia colectiva existirá al respecto y habrá mayor probabilidad de que la próxima planta escoja una tecnología ya conocida.

Con respecto al nivel de eficiencia de remoción de olor para cada tecnología para aquellas, a partir de las caracterizaciones de medidas en las que sí se cuenta con información, resalta el resultado respecto a que muy pocas de ellas involucran una eficiencia de reducción cercana al 90% de manera independiente. En la mayoría de los casos en que existen tecnologías de abatimiento de olor se implementan de manera complementaria, en las que se combinan lavadores de gases con otro tipo de técnicas. Dentro de las tecnologías usadas a nivel nacional, la oxidación térmica regenerativa (RTO) presenta altos niveles de remoción de olor,

pero en desventaja se han reportado que esta es la tecnología más cara, y de compleja operatividad, en congruencia con la figura anterior (Figura 5-13).

Con respecto a la vida útil, para el ciclo de vida de las tecnologías se asume un correcto funcionamiento y mantenencias al día. Pese a la cantidad de información técnica levantada de los equipos (ver Secciones 5.1 y 5.2), solo se obtuvo la vida útil de algunas tecnologías, las que son presentadas en la tabla siguiente.

Tabla 5-27. Vida útil de tecnologías levantadas de literatura

Tecnología	Vida útil media (años)	Consideraciones	Fuente(s)	Tipo de estudio
Biofiltro	8 – 15	Reemplazo de lecho filtrante cada 3-5 años	(Schenk et al., 2009; Bindra et al., 2015)	Hoja informativa técnicas de abatimiento de emisiones a la atmósfera; Evaluación tecnológica y del ciclo de vida del olor del procesamiento de productos orgánicos
Bioscrubber	10	Se considera un adecuado reemplazo de probióticos y mantenencias.	(Corey & Zappa, 2016)	Evaluación y comparación de tecnologías de control de olor
Oxidación térmica catalítica	2 – 10	Depende del tipo de reacción.	(Santonja et al., 2019)	Documento referencial de las mejores técnicas disponibles - industrias de alimentos
Filtro de carbón activado	Mayor a 5	Depende de recambios y tipo de carbón	(Corey & Zappa, 2016)	Evaluación y comparación de tecnologías de control de olor
Plasma no térmico; Lámparas UV/Ozono	8.000 (horas/año)		(Schenk et al., 2009)	Hoja informativa técnicas de abatimiento de emisiones a la atmósfera

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes en las fuentes levantadas.

A partir de la Tabla 5-27, se propone una vida útil para un equipo de biofiltro de entre 8 a 15 años (Schenk et al., 2009; Bindra et al., 2015). Sin embargo, se debe considerar el reemplazo de lecho filtrante cada 3 a 5 años. En equipos de bioscrubber se supone una vida media de 10 años (Corey & Zappa, 2016), pero para los equipos que realizan oxidación catalítica mediante químicos e inyección de agentes, se considera un rango ente 2 a 10 años, debido a dichas reacciones (Santonja et al., 2019). Para un filtro de carbón activado, se menciona una larga duración del equipo, con recambios anuales de carbón tradicional, y de hasta 5 años para carbón mejorado (Corey & Zappa, 2016). Para las tecnologías de ionización y plasma no térmico, se plantea un ciclo de vida para el catalizador de 8.000 horas al año, lo mismo ocurre con la vida útil de las lámparas UV usadas para tratamiento con ozono (Schenk et al., 2009). Por lo tanto, considerando la bibliografía, garantías de proveedores y la información obtenida a partir de algunas entrevistas a plantas de la industria, se utilizará el supuesto de que la vida útil de las tecnologías será de, al menos, 10 años, asumiendo la correcta operación de los equipos y recambio de lo requerido.

A partir de las discusiones para cada tipo de tecnología se han incluido aspectos asociados a los requerimientos de las tecnologías, los costos de implementación, así como las ventajas e

inconvenientes de cada uno de ellos. En la siguiente sección se abordan los costos y tecnologías aplicadas en Chile.

5.4 Costos para medidas de reducción

La implementación de nuevos sistemas para la mitigación de olor en plantas del sector considera costos directos significativos para la empresa, como cambios en la infraestructura y renovación de equipos o adquisición de nuevas tecnologías de mitigación de olor. Esta sección está orientada a los costos de tecnologías levantados tanto de literatura como de cotizaciones realizadas por el equipo consultor.

5.4.1 Costos levantados de literatura

Para una primera aproximación con respecto a la información obtenida de la literatura sobre costos de tecnologías, se destaca la siguiente figura que representa de manera cualitativa los costos de tratamiento de vahos para diferentes tipos de tecnología.

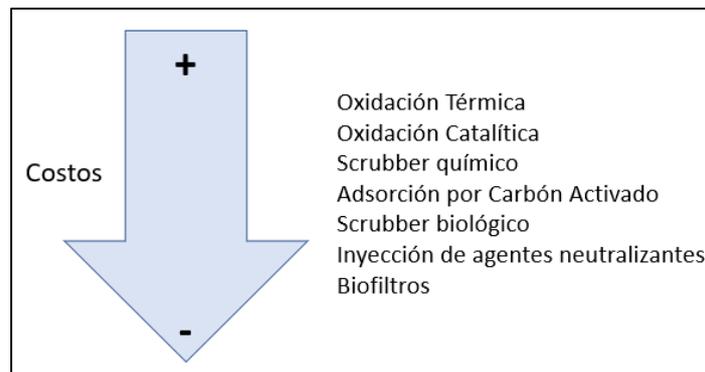


Figura 5-13. Comparación de costos de tratamiento para gases contaminantes

Fuente: (Barbusinski et al., 2017).

Como se aprecia en la Figura 5-13, se presenta la relación de costos totales entre las medidas de reducción de emisiones de olor provenientes de diferentes fuentes bibliográficas. Sin embargo, en muchos casos no se cuenta con información suficiente en términos de costos y eficiencia de reducción de olor para todas ellas.

A continuación, se presenta la siguiente tabla resumen (Tabla 5-28) de los costos de tecnologías de tratamiento de gases levantados a partir de la revisión bibliográfica realizada (ver Sección 5.1 y 5.2).

Tabla 5-28. Resumen de eficiencias y costos de medidas de reducción de olores

Nombre medida	Eficiencia de reducción olor	Moneda original	Métrica inversión	Costo de inversión (UF)	Métrica operación	Costo de operación (UF)	Sección	Fuente
Bacterias y Probióticos	Hasta 50%	USD	-	Bajo	UF/m ³	0,01 a 0,04	5.1.1	Envirometrika, (2020b)
Biofiltro	Hasta 85%	€	UF/Nm ³ /h	0,16 a 0,68	UF/Nm ³ /h	0,02 a 0,05	5.1.2	VITO (2020); Schenk et al., (2009)
Bioscrubber	70 a 80%	€	UF/Nm ³ /h	0,16 a 0,76	UF/m ³	Bajo (0,00023)	5.1.3	VITO (2020)
Biotrickling	70 a 90%	€	UF/Nm ³ /h	0,16 a 1,14	UF/m ³	Bajo (0,00002)	5.1.4	Schenk et al., (2009); The European IPPC Bureau, (2003)
Condensador	50 a 90%	€	UF/m ³ /h	0,12	-	Bajo	5.2.1	VITO (2020)
Filtro de Carbón Activado ^a	Mayor a 90%	USD	UF	2.768 a 3.876	UF/año	833 a 8.742	5.2.2	(Corey & Zappa, 2016)
Incineración	Mayor a 90%	€	UF/Nm ³ /h	0,34 a 5,12	-	-	5.2.3	European Comission, (2005)
Inyección de agentes neutralizantes	50 a 80%	USD	UF/m	1,38	UF/h/m	Bajo	5.2.4	DICTUC, (2019)
Luz UV/Ozono	80 a 90%	USD	UF/Nm ³ /h	0,2 a 0,28	-	Alto	5.2.5	Schenk et al., (2009)
Oxidación térmica	Mayor al 95%	€	UF/Nm ³ /h	0,16 a 1,56	UF/Nm ³ /h/año	0,09 a 0,46	5.2.6	VITO (2020); European Comission, (2005)
Plasma frio ^b	80 a 90%	USD	UF	4.034	UF/año	121 a 200	5.2.7	Santonja et al., (2019)
Scrubber químico ^c	80 a 85%	USD	UF/Nm ³ /h	0,19 a 0,42	UF/año	248 a 387	5.2.8	Gottschalk, (2017)

^a Costos sujeto a mantención, recambio de carbón y disposición de residuos sólidos, para un flujo volumétrico de 17.000 m³/h.

^b Para flujo volumétrico de 20.000-25.000 m³/h.

^c Costo de operación para flujo volumétrico de 160.000 m³/h. Costo sujeto al tipo de químico adicionado y tipo de flujo.

Nota 1: Se utilizaron los valores promedio para el 2020 de UF, USD y euro

Nota 2: Métrica “Nm³” hace referencia a la medida “Normal metro cúbico” que refiere a un gas no condensable en condiciones normales (a 0°C, humedad relativa 0, y a nivel del mar)

Fuente: Elaboración propia a partir de los documentos revisados (ver Sección 5.1 y 5.2).

La información de costos obtenida de literatura y expuesta en la tabla anterior, se sistematizó en UF y en términos de flujo volumétrico de Nm^3/h según el caso, debido a que es la unidad más común en los estudios técnicos sobre tecnologías de tratamiento de gases.

Se debe tener en cuenta que varias de las tecnologías están asociadas a tratamiento de olor en general, y no para algún caso particular de vahos de PHAs, por lo que estas eficiencias pueden variar de una industria a otra. En particular, las bacterias y probióticos no poseen un alto nivel de eficiencia debido a que son medidas complementarias en el tratamiento de RILes o en tecnologías de tratamiento biológico, lo mismo ocurre con la inyección de agentes neutralizantes. En el caso del condensador, este posee un amplio rango de eficiencia de remoción según el volumen de vahos a tratar, el tipo de contaminantes que posee (condensables o incondensables) y la temperatura del gas.

A partir de la información levantada y presentada en la Tabla 5-28 se realiza una comparación de costos de inversión (en unidades de $\text{UF}/\text{Nm}^3/\text{h}$). Para esto, se llevaron todos los costos a valores unitarios de flujo, según corresponda. Se debe considerar que esta tabla comparativa utiliza valores de inversión promedio, y que además no se consideran costos de operación.

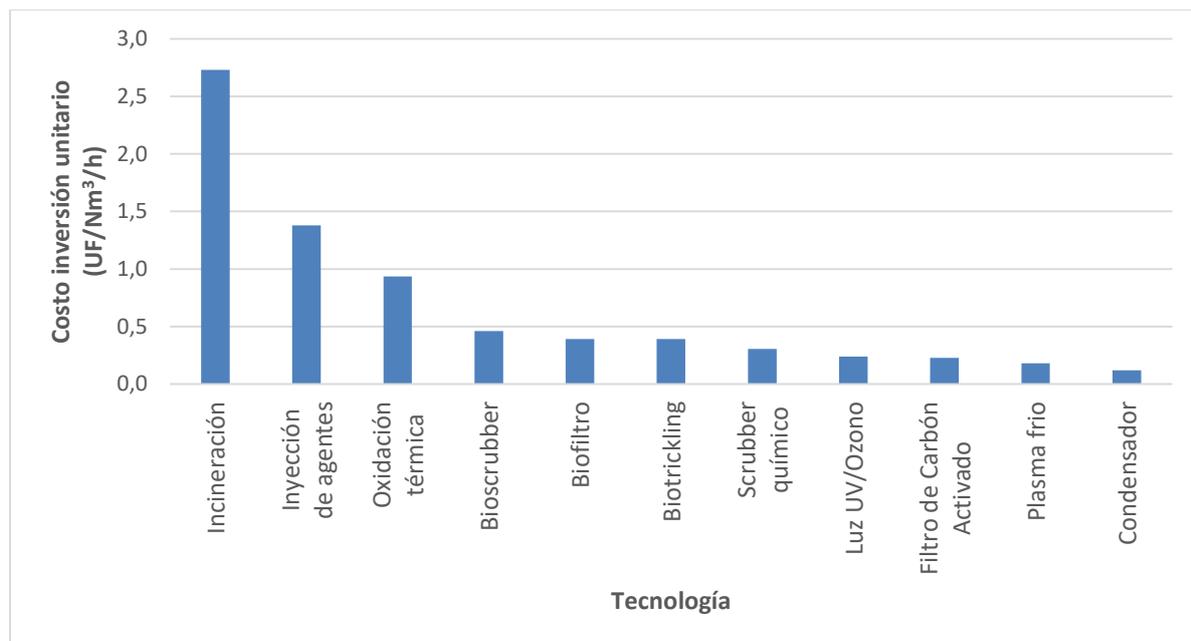


Figura 5-14. Comparación de los costos de inversión obtenidos de la literatura

Fuente: Elaboración propia.

De los antecedentes levantados, y lo observado en la figura anterior, se obtiene que el condensador es una de las tecnologías más económicas, debido a que es un proceso físico sencillo, por lo mismo es un sistema que ya todas las PHAs tienen instalado (el lavador de gases actúa como condensador). Asimismo, aquellas tecnologías de tratamiento biológico están en un rango similar de costos de inversión y eficiencia, y se consideran dentro de las alternativas de inversión media, aunque se evidenció en la experiencia nacional que estas alternativas tienen mayores requerimientos operativos, lo que eleva sus costos. En el caso de tecnologías que realizan procesos químicos, como *scrubbers* químicos o tratamiento de Luz UV/Ozono, estos tienden a ser un poco más económicos que los de tratamiento biológicos,

aunque es relevante considerar que sus costos de operación están sujetos al tipo de químico adicionado u otros requerimientos. En particular para la tecnología de Luz UV/Ozono, los costos de operación serán altos debido a la adición de ozono y reemplazo de lámparas UV. Por último, los procesos térmicos son los más costosos debido a la alta capacidad energética requerida.

Vale mencionar que, pese a los costos levantados evidenciados en la literatura, estos dependerán del tipo de gases a tratar, el flujo volumétrico máximo de entrada, el tipo de compuestos odorantes presentes, las condiciones de presión y temperatura, entre otras. Un mayor detalle de estas de estas consideraciones se presentó en las secciones 5.1 y 5.2.

Para una mayor comprensión de las tecnologías levantadas, se adjunta un archivo digital en donde se presenta una base de datos de todas las tecnologías caracterizadas en la Tabla 5-28 en donde se indica la fuente específica de la cual proviene cada caracterización de las medidas (ver "NORMOL2 - Medidas de reducción de olores.xlsx").

De manera adicional, se obtuvo información nacional sobre costos a partir de entrevistas y cotizaciones de tecnologías facilitadas por las empresas entrevistadas, así como cotizaciones directamente de los proveedores. La siguiente sección aborda los costos de tecnologías.

5.4.2 Costos levantados de la experiencia nacional

Además del levantamiento de tecnologías, sus requerimientos y tecnologías, se ha realizado un levantamiento de los costos de inversión de tecnologías a nivel nacional asociados a las plantas que estarán afectas a la propuesta regulatoria. Se levantaron costos oficiales (cotizaciones) y costos no oficiales a partir de las entrevistas realizadas a las empresas afectas a la normativa, así como por contacto directo con proveedores de tecnologías.

5.4.2.1 Cotizaciones oficiales

Algunas de las empresas entrevistadas han entregado información acerca de las cotizaciones realizadas para decidir si implementar o no cierta tecnología. Estas cotizaciones corresponden a uno o varios documentos informativos en las que se fija un precio para la adquisición e instalación del equipo (costo de inversión), y en algunos casos también para la operación y mantenimiento (costos de operación). Además de los equipos, se obtuvo información sobre los costos asociados al mejoramiento de una planta, en términos de la captación y conducción de los vahos.

Dentro de la información presente en una cotización se encuentran las características técnicas de un equipo, como el flujo volumétrico capaz de operar, la eficiencia de remoción de olor, dimensionamiento del equipo, entre otras. Se recibieron 6 cotizaciones de tecnologías a nivel nacional. En la Tabla 5-29 se presentan las cotizaciones para tecnologías de costo de inversión y operación, y se incluyen información sobre el flujo volumétrico y la eficiencia de remoción de la tecnología cotizada:

Tabla 5-29. Cotizaciones oficiales levantadas

Código ¹⁵	Tecnología	Flujo volumétrico (m ³ /h)	Costo inversión (UF)	Costo Operación (UF)	Eficiencia	Observación	Moneda Original
DCT16-2	Captación y conducción vahos	20.000	3.416 ^a	s/i	n/a	Considera 80 metros de ductos de 750mm, 55,6 metros de ductos de 250mm, 5 campanas, 1 ventilador y 1 motor de extracción.	CLP
DCT09-2	Luz UV/Ozono	20.000	5.218	- Reemplazo lámparas UV: 217 UF (c/3,5 años aprox.)	70 - 80%	s/i	USD
DCP03	Luz UV/Ozono + Catalizadores	40.000	9.780 - Costo Catalizadores: 2.697	- Reemplazo lámparas UV: 435 UF (c/ 3,5 años aprox.) - Reemplazo Carbón Catalizadores: 155 UF (c/ 5 años aprox.)	85%	s/i	USD
		25.000	10.105 ^b - Costo Catalizadores: 2.781	- Reemplazo Carbón Catalizadores: 530 UF (c/ 3 años aprox.) - Reemplazo lámparas UV: 774 UF (c/ 10.000 horas efectivas)	85%	Valor no incluye IVA. La inversión considera suministros de ventilación, chimenea de salida, sistema de bombeo, montaje equipo y ductos, conexiones eléctricas, transporte y seguro.	USD
DCT05	Planta de tratamiento en base a ozono y oxígeno	110.000	13.031	- Costo mantenimiento para generador eléctrico: 72 UF (c/ 6 años aprox.) - Costo mantenimiento para sensores, correas y electrónica: 223 UF (c/ 1 años aprox.)	s/i	Valor incluye suministro y montaje de componentes necesarios para el funcionamiento del equipo, como los generadores de ozono, válvulas, compresor, ventilador (2), bombas (3).	USD
DCT10-1	RTO	60.000	31.117 - Cableado eléctrico: 1.890	No se identifican los costos por consumo de diésel	95 - 98%	Tiempo de implementación de 6 meses	€
DCP04	Biotrickling	150.000	32.798 Servicio in situ y puesta en marcha: 26,241 /día (1 semana)	No se identifican los costos por consumo de agua o cambios de bacterias.	95%	Tiempo de implementación de 4 a 6 meses. Se excluyen costos de viaje y alojamiento. Requiere de un scrubber de agua dulce ^c .	€

¹⁵ Hace referencia a los documentos de donde se obtuvieron los datos. No se explicita la fuente de información debido a acuerdos de confidencialidad.

^a El costo del equipo corresponde al 64,6% del costo de inversión.

^b El costo del equipo corresponde al 58,5% del costo de inversión.

^c Los scrubbers de agua de mar tendrán un PH y sales que probablemente no serán compatibles con las bacterias. Aun así, es posible que pueda funcionar un sistema de biotrickling con agua de mar, pero la cotización realizada considera agua dulce.

Nota 1: Se utilizaron los valores promedio para el 2020 de UF, USD y euro

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida por empresas y proveedores.

A partir de la tabla anterior, se evidencia que el volumen de flujo a tratar por los equipos cotizados por las plantas nacionales varía entre 20.000 a 150.000 m³/h. Esto se debe a los diferentes niveles de actividades de las plantas. En términos de costos, los equipos de Luz UV/Ozono se encuentran entre las cotizaciones más económicas a nivel nacional, pero a su vez con una menor capacidad de flujo a tratar. Sin embargo, se debe considerar que el costo de inversión no considera la operación ni mantención del equipo, por lo que el costo total puede aumentar considerablemente. Es importante tener en cuenta que el valor del equipo representa sólo una parte del costo de inversión total, para el caso de un equipo Luz UV/Ozono, se estima que el costo del equipo corresponde solo a un 60% aproximadamente.

En términos de eficiencia, se destaca que todas las tecnologías permiten una remoción de olor sobre el 70%, y de manera congruente, a mayor eficiencia de remoción, mayor costo de inversión de una tecnología.

Con respecto a captación y conducción de vahos, se pudo obtener información real de un costo de inversión asociado a este, para el mejoramiento de la infraestructura. Este tipo de sistema de captación se realizó considerando un flujo volumétrico de 20.000 m³/h, con un largo total de 135 metros de ductos de acero inoxidable. En general, al incorporar en el análisis de costos los valores de costo de infraestructura, captación y conducción de vahos, se levantó que el costo de equipo podría corresponder entre un 50% y 60% aproximadamente del costo total de inversión.

En las cotizaciones levantadas se incorporó un solo dato para la vida útil del biotrickling de 20 años. Para las otras cotizaciones, no se obtuvo datos para la vida útil de los equipos, aunque sí se incluyen datos sobre garantías posterior a la puesta en marcha de los equipos, con valores entre 1 a 3 años. A partir de la literatura revisada, se reconoce que en general los *scrubber* y otros equipos pueden tener una vida media de 10 a 15 años, siempre que se realice un correcto funcionamiento y las mantenciones adecuadas. En algunos casos se debe considerar reemplazo de componentes cada 3 o 5 años, como en el caso de las lámparas en el equipo UV/Ozono.

5.4.2.2 Costos no oficiales

A partir de las entrevistas realizadas a las plantas del sector de estudio, se levantaron algunos rangos de valores de costos de inversión. Estos no fueron considerados como cotizaciones debido a que no existió un documento formal que estipulara el valor mencionado, ni referencias directas asociadas a algún proveedor. Sin embargo, es importante considerar estos valores tentativos que los entrevistados mencionaron, pues con esto se puede obtener un rango de valores preliminar para tecnologías que no fueron cotizadas. Para algunos casos, además de un valor tentativo, se mencionó el flujo de operación y eficiencia. En la Tabla 5-30 presenta los costos no oficiales de inversión, mencionados en las distintas entrevistas realizadas.

Tabla 5-30. Costos no oficiales levantados

Código ¹⁶	Nombre	Flujo volumétrico (m3/h)	Costo inversión (UF)	Observaciones costos	Eficiencia	Moneda Original
DCT02	Scrubber	25.000	1.384			USD
DCT16-1	Mejora de captación y tratamiento de vahos		2.750 a 11.234		n/a	USD
DCT09	Scrubber	15.000	2.907		50%	USD
DCT09	Antecámara de combustión	30.000	7.613		80%	USD
MRP01	Filtro de carbón activado	1.500	9.763	El costo en obras civiles corresponde a un 15,2% del total.		CLP
MRT11	UV/Ozono		11.073			USD
MRT11	Hermeticidad		17.995	Considera hermeticidad y captación de 2500 metros de ductos.		USD
MRT01	Biofiltro		23.531			USD
DCT02	Biofiltro	91.300	38.619	El costo del equipo corresponde a un 65% del total aproximadamente.	90%	USD
DCT12	UV/Ozono		41.525	Valor considera todo el sistema de implementación de tratamiento de vahos.	70%	USD
MRT11	Scrubber + UV/Ozono		87.070	El costo del equipo corresponde a un 45,2% del total.	70 - 80%	USD

Se utilizaron los valores promedio para el 2020 de UF, USD y euro.

Fuente: Datos recolectados de manera directa a empresas por medio de entrevistas.

¹⁶ Hace referencia a los documentos de donde se obtuvieron los datos. No se explicita la fuente de información debido a acuerdos de confidencialidad.

De la tabla anterior, se destacan los altos costos de inversión asociados a los biofiltros. Si bien a partir de la literatura se levantó que los biofiltros es una de las tecnologías más económicas (costos teóricos), lo levantado a nivel nacional difiere de la información teórica, por lo que se concluye que la literatura subestima los costos de biofiltros, con respecto a la realidad nacional. Para el caso de un equipo UV/Ozono, se considera que este valor está sobredimensionado debido a que incluye la instalación de la captación y captura de vahos. Asimismo, Los costos de hermeticidad y captación son referenciales, dependen de la cantidad de vahos a tratar, dimensionamiento de la planta, así como la ubicación geográfica. En general, se sostiene que los costos asociados a hermeticidad y captación de vahos son más altos en la zona sur del país.

De manera general, se ha estimado que los costos del equipo podrían representar solo un 50-60% de la inversión total, aproximadamente. Lo anterior se debe a que en algunos casos es necesario realizar cambios estructurales en la planta para la correcta captación de los vahos hasta la entrada del equipo a operar. Esta información se encuentra contenida en la Tabla 5-29.

En la presente sección se ha realizado una sistematización de todos los costos de inversión y operación encontrados a partir de búsqueda en la literatura, cotizaciones y valores tentativos mencionados en entrevistas. Los valores están sujetos a las características técnicas, así como a costos de implementación, operación y mantenimiento de los equipos. Por otro lado, se deben considerar que los costos pueden diferir según la zona geográfica.

5.4.2.3 Discusión de costos de tecnologías

En las secciones anteriores se abordaron los costos para la implementación de mejoras en el tratamiento de vahos odorantes. A partir de las cotizaciones y entrevistas realizadas a nivel nacional en términos de costo de inversión, se destacan la información sobre tecnologías de tratamiento con UV/Ozono, y tratamientos biológicos como biotrickling o biofiltros. Por otro lado, se reconoce que todas las plantas del sector utilizan a lo menos la tecnología de lavador de gases simples (o *scrubbers* en inglés) o con adición de algún químico. La información levantada es importante para comprender los tipos de tecnologías aplicables en las plantas del sector de estudio.

De la información levantada, fue posible conocer experiencias anteriores usadas a nivel nacional para el sector pesquero de las tecnologías de abatimiento de olor. Para las tecnologías de tratamiento biológico se han reportado buenas experiencias con biofiltros para caudales superiores a 50.000 m³/h en plantas de alimento para peces (PAP). Asimismo, se reportan cotizaciones y aspectos técnicos para la instalación de un biotrickling, sin embargo, no se conocen experiencias previas con esta tecnología en términos de eficiencia real y características de operación.

Para los equipos de tratamiento fisicoquímico se destacan que los lavadores de gases son ampliamente usados en la industria nacional, los que pueden ser reacondicionado para implementar agentes químicos en una o dos etapas. Si bien se reportan *scrubbers* para un flujo máximo de 25.000 m³/h, se ha informado que en algunas plantas se usan en forma paralela dos o más de estos equipos. Otra tecnología que se repite para distintas plantas o

cotizaciones es el tratamiento por Luz UV/Ozono, la que admite caudales sobre los 30.000 m³/h, y puede ser complementado con un catalizador para mejorar el rendimiento de esta. Según las experiencias nacionales, esta tecnología ha sido bastante cotizada debido a los buenos resultados de eficiencia en la práctica. En contraste, las técnicas de filtración por carbón activado no resultan tan aplicables al sector, debido a su baja capacidad de flujo a tratar, y su alto requerimiento de espacio y costos de operación, pero podrían ser útiles al final de la línea de tratamiento, para bajos caudales de gas y baja concentración de contaminantes. La misma situación ocurre con el tratamiento térmico de vahos en equipo RTO, debido a su alto costo de inversión, requerimiento de espacio y energía, y eficiencia de remoción menor al esperado, evidenciado en una planta nacional que adquirió esta tecnología.

En general, se ha concluido que la elección de las tecnologías está altamente determinada por el conocimiento previo que se tiene de los resultados de su implementación y los aspectos técnicos requeridos como el espacio en la planta para su instalación, consumo eléctrico o reemplazo de componentes. En general las empresas esperan invertir en alguna tecnología que haya sido testeada con éxito anteriormente, porque así aumenta la posibilidad de obtener los resultados esperados de remoción de olor y se evita la ocurrencia de costos inesperados o problemas operativos. Asimismo, los proveedores ofrecen tecnologías que ya son usadas en distintas industrias, debido a la experiencia en base a la eficiencia real y resultados económicos. Dentro del sector de estudio, se opta por estudiar tecnologías como biofiltros, lavadores de gases y equipos de Luz UV/Ozono, debido a que existe mayores experiencias de ellas. Aun así, se han identificado cotizaciones y estudios de otras tecnologías como filtros de carbón activado, biotrickling y RTO.

Con respecto a los costos de inversión levantados, se debe indicar que no será posible realizar escalamiento o curvas de costos, debido a que no existe información suficiente, pues los parámetros de cotización levantados son fijos. Los costos no oficiales (ver Sección 5.4.2.2) no serán considerados, debido a que son valores tentativos que fueron levantados durante las entrevistas o intercambio de correos, pero que no están respaldados por documentos, por lo que será prudente no incluir estos en futuros análisis de costos, para no acarrear subestimaciones o grandes diferencias con costos oficiales establecidos. Todos los costos levantados a partir de la literatura, así como las cotizaciones formales, se encuentran en un archivo entregable en formato .xlsx (archivo "Normol2-Medidas de reducción de olor").

Si bien las cotizaciones oficiales levantadas corresponden a valores para tecnologías con una capacidad de flujo de tratamiento fija, es posible obtener sus valores de inversión unitarios de tratamiento en UF por flujo de gas por hora, a fin de realizar una comparativa con los costos obtenidos de la literatura, los que en general se presentan ya en términos unitarios. Esta comparación servirá como una aproximación para determinar si existen diferencias significativas entre los costos levantados de literatura y realidad nacional. La siguiente tabla presenta un resumen comparativo entre costos unitarios, a partir de la información levantada y expuesta en las tablas Tabla 5-28 de literatura, y Tabla 5-29 de cotizaciones oficiales.

Tabla 5-31. Resumen comparativo de costos unitarios

Tecnología	Costo inversión Cotizaciones oficiales (UF/m ³ /h)	Costo inversión Literatura (UF/m ³ /h)
Biotrickling	0,22	0,16 a 0,62
Luz UV/Ozono	0,24 a 0,40	0,20 a 0,28
RTO	0,52	0,09 a 0,46

Fuente: Elaboración a partir del levantamiento de costos.

La tabla anterior expone los costos unitarios de las 3 tecnologías en común entre las cotizaciones obtenidas y costos levantados de literatura. Se debe mencionar que estos costos están sujetos al flujo total a tratar, pues se acepta que el costo unitario de tratamiento disminuye a mayor flujo de gas. A partir de esto, se obtienen los costos totales de inversión referenciales, escogiendo el máximo valor de cada rango de valor unitario obtenido en la tabla anterior, utilizando un criterio conservador. En la siguiente figura se proponen los costos referenciales de inversión en UF para equipos de tratamiento, flujo volumétrico de 60.000 m³/h.

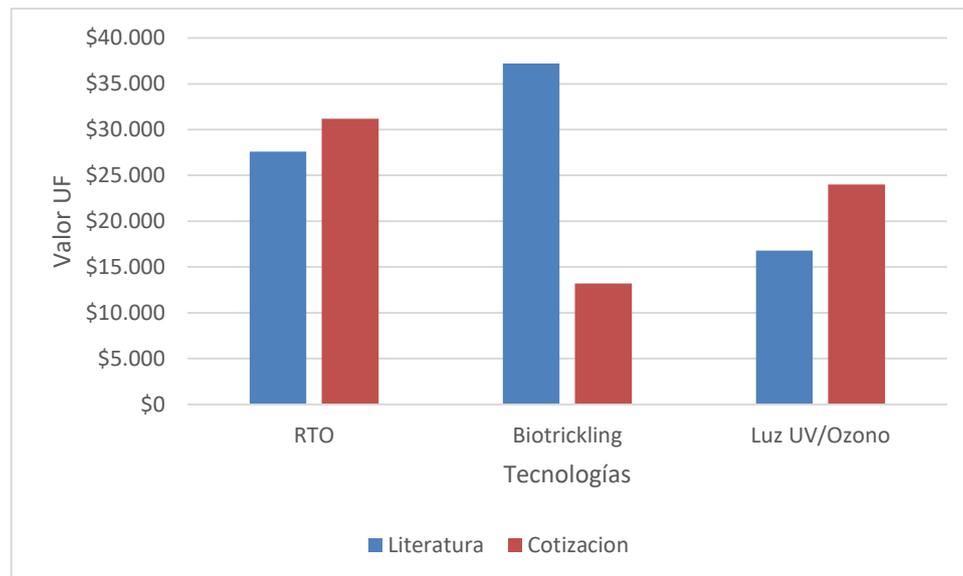


Figura 5-15. Costo referencial de inversión en UF para equipos de tratamiento, flujo volumétrico de 60.000 m³/h

Fuente: Elaboración propia.

El valor de referencia de flujo volumétrico usado se escogió debido a que representa el flujo promedio de las diferentes tecnologías cotizadas. Si bien las cotizaciones tienen valores de flujos volumétricos definidos, estos fueron llevados a costos unitarios con el fin de ser comparables con los costos de la literatura. A partir de la Figura 5-15 se concluye que tanto para RTO y Luz/UV Ozono, los costos de literatura son solo entre un 10% y 30% menores que las cotizaciones. En el caso del Biotrickling, el costo de literatura es aproximadamente 3 veces más elevado que el costo obtenido en cotizaciones, y ocurre debido a que la cotización evalúa un flujo máximo de 150.000 m³/h, lo que hace que el valor unitario disminuya notablemente. En general, es prudente concluir que las diferencias porcentuales se deban a discrepancias en

los costos de equipos entre países y monedas, además de ajustes en valores de las cotizaciones de acuerdo con la cantidad de flujo volumétrico a tratar, pues se disminuye el costo unitario de tratamiento a mayor flujo de gas.

De la figura anterior, se obtuvo que la tecnología más económica corresponde al equipo de Luz UV/Ozono, con un costo de cotización referencial de 16.800 UF para el flujo establecido. El equipo RTO es el más costoso, y es congruente con la literatura, con una diferencia porcentual del 12% entre ambos valores referenciales. Por último, si bien el equipo de biotrickling parece ser económico a partir de la cotización, se reconoce que el equipo opera para altos caudales, por lo que los costos presentados están subestimados, pues en términos de literatura es el más caro para el flujo establecido, concluyendo que existe una diferencia significativa entre las cotizaciones y valores de literatura, por lo que su evaluación debiese analizarse caso a caso.

Por último, con respecto a la vida útil de las tecnologías, dentro de las cotizaciones levantadas solo se reportaron algunos datos. En general, los proveedores ofrecen garantías de hasta tres años en caso de falla. Dentro de las cotizaciones se levantó solo una vida útil correspondiente a 20 años para un equipo de biotrickling. De las entrevistas, se encontró que algunas plantas han utilizado los mismos lavadores de gases por más de 10 años, realizando las mantenciones correspondientes, y estos aun operan adecuadamente. En términos de reemplazo de piezas, se reportó que el ciclo de vida de una lámpara UV va entre 1 y 3,5 años, y dependen del uso y el tamaño. El reemplazo de carbón activado tratado en filtros de adsorción se puede realizar hasta 5 años luego de su aplicación. Pese a los esfuerzos de levantar información sobre el ciclo de vida de las tecnologías, se obtuvieron pocos datos con respecto a la cantidad de costos de inversión reportados. En general, los equipos pueden ser usados por una media de 10 a 15 años, considerando los recambios y mantenciones de algunos de sus componentes.

5.5 Valores a utilizar en el análisis de costos

Para establecer escenarios de reducción de olor, así como estimar los costos asociados al sector productivo, se deben determinar las medidas a implementar, según el escenario de mitigación de olor que se quiera establecer. A partir de la información levantada de la literatura, cotizaciones oficiales y costos no oficiales, se ha determinado que en este estudio se tomará como parámetros los antecedentes obtenidos en cotizaciones oficiales (ver Tabla 5-29), debido a que son los valores más cercanos a la realidad nacional, y cuentan con respaldo documentado.

Como se expuso anteriormente en la subsección 5.4.2.1, se obtuvieron 6 cotizaciones oficiales. Entre estos, se encuentra una cotización referida a captación y conducción de vahos, una referida a una planta de tratamiento en base a ozono y oxígeno, una asociada a equipo de oxidación térmica regenerativa, un equipo de biotrickling, y dos cotizaciones asociadas a equipos de tratamiento UV/Ozono.

Para el análisis de costos (ver Sección 8) se utilizarán datos de 3 tecnologías, provenientes de cotizaciones reales evaluadas en PHA. Estas tecnologías corresponderán a equipos de tratamiento UV/Ozono, equipo RTO, y equipo de biotrickling. Debido a que la propuesta

regulatoria preliminar (enviada por la contraparte el 7 de septiembre de 2021) busca reducir las emisiones de vahos que producen malos olores, la cotización obtenida para conducción y captación de vahos se considera un costo complementario en el que deberán incurrir las empresas. Con respecto a la vida útil de estas tecnologías, debido a la información limitada al respecto, se utilizará el supuesto de que las tecnologías (y la maquinaria asociada a dicha tecnología) tendrá una vida útil de por lo menos 10 años, respaldado con la información presentada en la subsección 5.3.

Con respecto a los costos que serán utilizados para posteriores análisis, se consideran tanto los costos de inversión y operacionales. El costo de inversión será incluido en el análisis de costos de cumplimiento para una planta tipo (ver Sección 8.1.3). En cambio, los costos operacionales servirán como insumo para futuros análisis de costo beneficio. A partir de lo presentado en la Tabla 5-29 es posible obtener un valor monetario del costo de inversión cada tecnología. En cuanto al porcentaje de eficiencia de reducción de olor se utilizarán los mismos obtenidos de las cotizaciones oficiales, lo que es congruente con el costo incurrido por implementación de tecnología y eficiencia esperada. En el caso que se presenten rangos de valores para la eficiencia de cada tecnología, se considera prudente el uso de un valor promedio de eficiencia, debido a que estos valores están en un rango cercano entre sí. A continuación, se presenta la Tabla 5-32 para presentar la información para utilizar en el análisis de costo, y otros datos a considerar a lo largo de este informe.

Tabla 5-32. Costos de implementación para utilizar en análisis de costos

Nombre medida	Costos de inversión (UF)	Consideraciones de inversión	Costos de operación (UF)	Consideraciones de operación	Eficiencia
Biotrickling	32.798	Tiempo de implementación de 4 a 6 meses. Se especifican costos de servicio y puesta en marcha.	s/i. No se cuenta con costos de consumo de agua.	Costos validos durante el tiempo de implementación. No se especifican otros costos.	95%
Luz UV/Ozono	5.218 - 10.105	La inversión considera suministros y montaje, entre otros. Algunos Equipos pueden requerir catalizadores de carbón.	Reemplazo lámparas UV: 217 – 774 UF Reemplazo carbón de catalizadores: 155 – 530 UF	Reemplazo lámparas cada 3,5 años aproximadamente. Reemplazo de carbón catalizadores entre 3 y 5 años.	81,6%
Oxidación térmica regenerativa (RTO)	31.117	Tiempo de implementación de 6 meses.	s/i. No se cuenta con costos de consumo de combustible	Costo adicional, sujeto a reemplazo. No se especifica vida útil.	96,5%
Conducción y captación de vahos	3.416	Considera costos por suministros (65%) y montaje (35%). Largo total ductos de 135 metros, 5 campanas, 1 ventilador y un extractor	s/i	s/i	n/a

Fuente: Elaboración propia a partir de las cotizaciones oficiales levantadas (códigos de documentos confidenciales: DCP04, DCT09-2, DCP03, DCT10-1, y DCT16-2).

De la tabla anterior se puede apreciar que todas las tecnologías que se pueden implementar poseen a una eficiencia teórica mayor al 70%. Por lo tanto, se propone que para realizar los análisis de costos y de reducción de olor del presente estudio se utilizará este valor de eficiencia. Para aquellas medidas que tienen más de un costo de inversión se ha considerado un rango de valores, debido a diferentes características entregadas en las cotizaciones oficiales. Se incluyen las consideraciones más relevantes para cada tecnología, a fin de tener una estimación de los valores de inversión según el flujo posible a ser tratado.

6. Resultados Modelación

En esta sección se procede a modelar el impacto de las emisiones odoríficas procedentes de las PHAs, a partir de antecedentes disponibles en EIO asociados a las plantas o a la planta tipo diseñada.

Para la modelación, se realiza una revisión crítica de los factores de emisión y la base de datos disponible de la planta, tales como capacidad de procesamiento y materia prima procesada en el año 2020 y/o 2019. Se determina la tasa de emisión de olor variable de cada una de las fuentes de emisión y empleando la meteorología, se procede a modelar la dispersión de olores del escenario actual, para luego determinar los escenarios de reducción de las emisiones. Para más antecedentes, revisar el documento complementario “Apéndice de Modelación”.

Como criterios de modelación, se consideraron los siguientes expuestos a continuación:

- Para las PHAs que no se disponen antecedentes, se siguió el lineamiento definido en la “Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA” (2017), en el cual se define “El uso de factores de emisión es aconsejable solo en proyectos nuevos y siempre y cuando no se cuente con emisiones de referencia, en este caso se deben utilizar preferentemente factores publicados por agencias estatales de protección del medio ambiente, normas técnicas o guías técnicas relacionadas”. Como tal, se emplearon factores de emisión disponibles en proyectos ingresados al SEA que poseen una RCA favorable.
- Al evaluar el impacto en receptores, se ingresan las coordenadas de todos los receptores disponibles en el dominio, para poder evaluar individualmente y en conjunto, el impacto que tiene cada PHA del dominio en cada receptor.
- Las fuentes fugitivas se caracterizan por la dificultad de caracterización o medición, pero no únicamente por no tener un caudal constante. Sirva como ejemplo una fuga en un ducto de una chimenea de salida donde, con una caída de presión constante, se produce una rotura o escape de emisión. Su caudal de emisión (como fuente fugitiva) es constante siempre que se mantenga la diferencia de presión entre el interior del ducto y la presión atmosférica. Aquellas fuentes identificadas como fugitivas, de acuerdo con los antecedentes técnicos de caracterización entregados por los titulares en los EIO, se asimilaron a fuentes puntuales que poseen un diámetro de 8” (200 mm), según las condiciones de medición y operación identificadas durante el muestreo y las caracterizaciones entregadas por los EIOs. Esta condición se fijó para el resto de las fuentes fugitivas.

Para cada planta se desarrolló un diagrama del proceso de acuerdo con la operación de la planta que fue identificada, determinando aquellas fuentes que son emitidas. Cabe notar que aquellas fuentes que no se han identificado dentro de los EIO disponibles y que emiten al medio ambiente, serán consideradas fuentes no identificadas y al no disponer de antecedentes, no serán modeladas.

Para la presentación de resultados de la modelación, se entrega mapas con las isolíneas de concentración en el percentil 99,5 (concentración 1, 3 y 5 OU/m³), la tabla correspondiente de concentraciones en inmisión en el susodicho percentil y la frecuencia de horas en la cual dicho receptor supera las concentraciones de 1, 3 y 5 (OU/m³) durante el año modelado. En caso de que no se generen isolíneas en los niveles de concentración definidos, no se presentarán el mapa.

Para la presentación de los datos de concentraciones en inmisión en el percentil 99,5 en tablas y mapas, los datos se aproximarán al entero más próximo. Por su parte, la presentación de los datos de frecuencia de horas de superación de las concentraciones, se considera el análisis de las concentraciones en inmisión con decimales.

Cabe notar en el análisis de la frecuencia de horas, que todo receptor que posea menos de 43,92 h al año (0,5% horas al año) de superación de los niveles definidos, se encuentra sobre el percentil 99,5 analizado.

Cabe notar que las ecuaciones para determinar la tasa de emisión (TEO) de la planta a partir del factor de emisión (FE), nivel de actividad (A) y eficiencia global de reducción de las emisiones (RE) se encuentra en el documento complementario "Apéndice de Modelación". Para determinar el nivel de actividad se emplea de acuerdo con la disponibilidad de datos, el factor operativo mensual (FO) que corresponde a la capacidad de operación de la planta que esté operando, el factor de horas operativas mes (FH) y el área de emisión de la fuente.

6.1 Consideraciones técnicas de la modelación

Para la modelación se contó con acceso limitado a insumos, y esto tiene un impacto sobre los resultados obtenidos y su aplicabilidad, por lo cual a continuación se presentan las consideraciones técnicas del estudio y de la aplicación del programa Calpuff al estudio:

- Las emisiones atmosféricas de olor están asociadas al procesamiento únicamente de la información oficial disponible, es decir, materia prima declarada a Sernapesca (ton/año 2019 y 2020).
- No incluye el procesamiento de cualquier otra materia prima, tal como desechos/mortalidades, al no contar con una fuente de información oficial y validada.
- El régimen de emisión utilizado para cada planta es variable, es decir, en función de las horas de funcionamiento mensuales.
- Las horas de operación mensuales se obtienen a partir de la capacidad máxima de procesamiento de cada planta en función de la materia prima declarada.
- Las capacidades máximas de procesamiento por planta son proporcionadas por las empresas del sector. En caso de no contar con esta información para una planta, se emplea el promedio de las capacidades de procesamientos de todas las plantas informadas.
- Las localizaciones de las fuentes de emisión proceden de los estudios de impacto odorante (EIO) proporcionados por las plantas.

- Aquellas plantas que no entregaron EIO se consideran 3 fuentes de emisión principales de acuerdo al análisis sectorial disponible de los EIOs entregados, esto es: pozos, calderas y enfriadores.

6.2 PHAs con EIO

6.2.1 PHA 02

PHA 02 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA02 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-1. Tasa de emisión PHA02 (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Chimenea Lavador gases	24.551	26.244	24.551	25.369	24.551	25.369
Chimenea caldera 1	95.926	102.542	95.926	99.124	95.926	99.124
Chimenea caldera 2	109.142	116.669	109.142	112.780	109.142	112.780
Chimenea caldera 3	75.793	81.021	75.793	78.320	75.793	78.320
Pozo 1	228	244	228	236	228	236
Pozo 2	228	244	228	236	228	236
Pozo 3	228	244	228	236	228	236
Pozo 4	228	244	228	236	228	236
Planta DAF	95	102	95	98	95	98
Portón Bodega Harina	2.367	2.530	2.367	2.446	2.367	2.446

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-2. Tasa de emisión PHA02 (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Chimenea Lavador gases	24.551	24.551	25.369	24.551	25.369	24.551
Chimenea caldera 1	95.926	95.926	99.124	95.926	99.124	95.926
Chimenea caldera 2	109.142	109.142	112.780	109.142	112.780	109.142
Chimenea caldera 3	75.793	75.793	78.320	75.793	78.320	75.793
Pozo 1	228	228	236	228	236	228
Pozo 2	228	228	236	228	236	228
Pozo 3	228	228	236	228	236	228
Pozo 4	228	228	236	228	236	228
Planta DAF	95	95	98	95	98	95
Portón Bodega Harina	2.367	2.367	2.446	2.367	2.446	2.367

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA02 (Figura 6-1), se puede apreciar que se generan isóneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5

para las condiciones modeladas tiene un alcance de 3,6 km al norte, 2,91 km al este, 2,63 km al sur y 2,06 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 1,79 km en dirección este oeste noroeste y el radio máximo de alcance es de 5,07 km en dirección noreste.

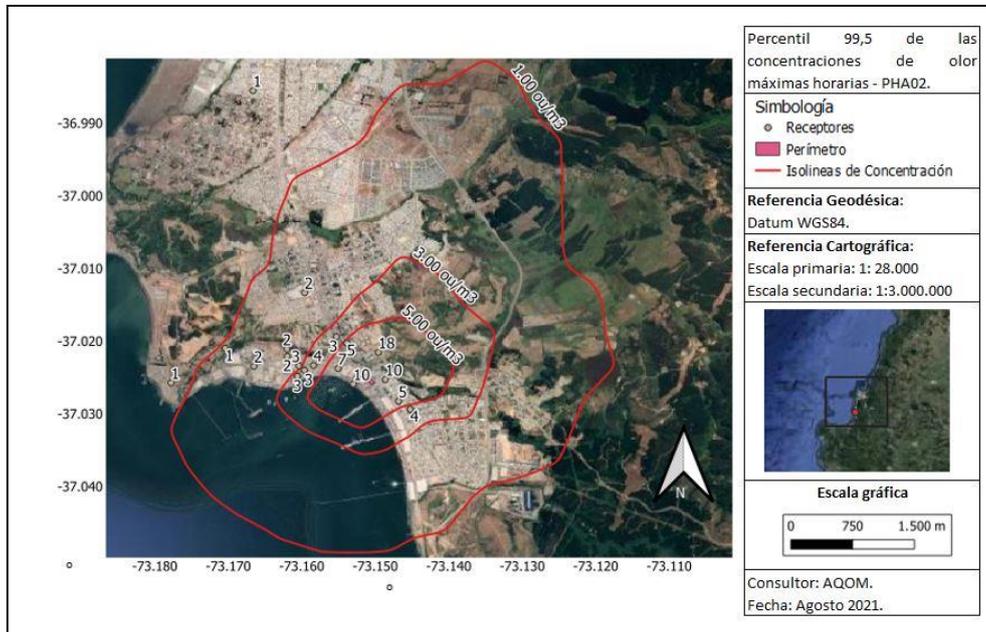


Figura 6-1. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA02.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 PHA 04

PHA 04 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región del BioBío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA04 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-3. Tasa de emisión PHA04 (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Chimenea de lavador de gases	35.781	38.249	35.781	36.974	35.781	36.974
Chimenea caldera 1	9.611	10.274	9.611	9.932	9.611	9.932
Chimenea caldera 2	12.294	13.142	12.294	12.704	12.294	12.704
Chimenea caldera 3	8.735	9.338	8.735	9.027	8.735	9.027
Portón bodega harina	12.970	13.865	12.970	13.402	12.970	13.402
Chimenea gases riles	4.437	4.743	4.437	4.585	4.437	4.585
Galpón de pozos	3.032	3.241	3.032	3.133	3.032	3.133
Galpón planta DAF	462	493	462	477	462	477
Descarga pozo pescado	26	28	26	27	26	27
Celosía proceso	1.354	1.448	1.354	1.400	1.354	1.400

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-4. Tasa de emisión PHA04 (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Chimenea de lavador de gases	35.781	35.781	36.974	35.781	36.974	35.781
Chimenea caldera 1	9.611	9.611	9.932	9.611	9.932	9.611
Chimenea caldera 2	12.294	12.294	12.704	12.294	12.704	12.294
Chimenea caldera 3	8.735	8.735	9.027	8.735	9.027	8.735
Portón bodega harina	12.970	12.970	13.402	12.970	13.402	12.970
Chimenea gases riles	4.437	4.437	4.585	4.437	4.585	4.437
Galpón de pozos	3.032	3.032	3.133	3.032	3.133	3.032
Galpón planta DAF	462	462	477	462	477	462
Descarga pozo pescado	26	26	27	26	27	26
Celosía proceso	1.354	1.354	1.400	1.354	1.400	1.354

Fuente: Elaboración propia

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA04 (Figura 6-2), se puede apreciar que se generan las isóneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 1,2 km al norte, 0,99 km al este, 1,49 km al sur y 0,78 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance está localizado al oeste y el radio máximo de alcance es de 1,53 km en dirección suroeste.

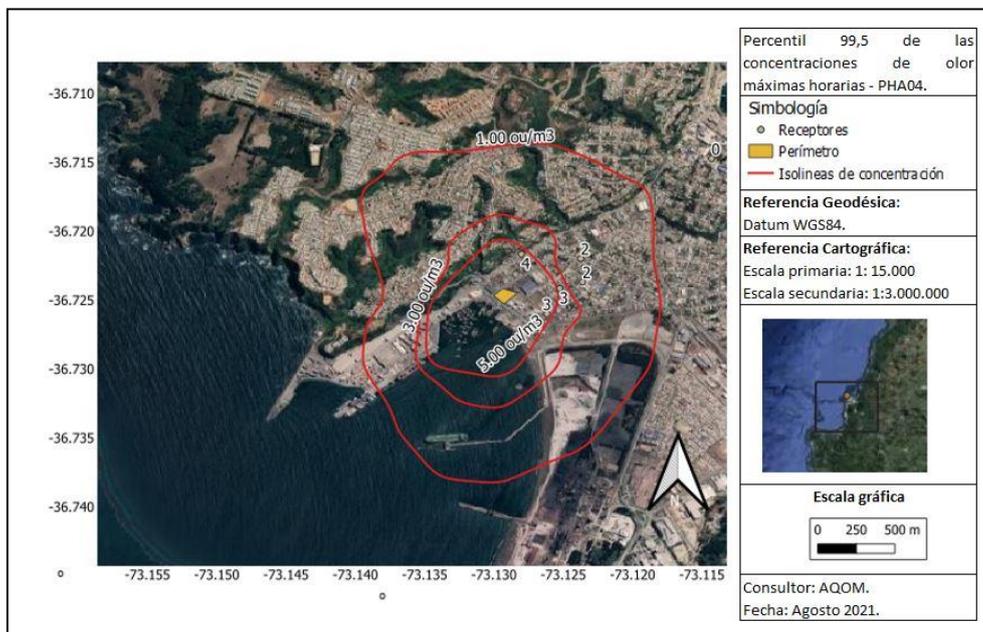


Figura 6-2. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA04.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 PHA 06

PHA 06 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región del BioBío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA06 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-5. Tasa de emisión PHA06 (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Pozos	394.215	421.402	394.215	407.355	394.215	407.355
Celosía	50.580	54.068	50.580	52.266	50.580	52.266
Incinerador	45.751	48.906	45.751	47.276	45.751	47.276
Estanque equalizador	10.762	11.504	10.762	11.120	10.762	11.120
Secadores 3 etapa	10.471	11.193	10.471	10.820	10.471	10.820
Enfriadores	4.712	5.037	4.712	4.869	4.712	4.869
Estanque DAF	997	1.066	997	1.030	997	1.030
Sala envasados	140	150	140	145	140	145
Separador de sólidos	64	69	64	67	64	67
Extractor	21	22	21	22	21	22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-6. Tasa de emisión PHA06 (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Pozos	394.215	394.215	407.355	394.215	407.355	394.215
Celosía	50.580	50.580	52.266	50.580	52.266	50.580
Incinerador	45.751	45.751	47.276	45.751	47.276	45.751
Estanque equalizador	10.762	10.762	11.120	10.762	11.120	10.762
Secadores 3 etapa	10.471	10.471	10.820	10.471	10.820	10.471
Enfriadores	4.712	4.712	4.869	4.712	4.869	4.712
Estanque DAF	997	997	1.030	997	1.030	997
Sala envasados	140	140	145	140	145	140
Separador de sólidos	64	64	67	64	67	64
Extractor	21	21	22	21	22	21

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA06 (Figura 6-3), se puede apreciar que se generan las isóneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 4,9 km al norte, 3,93 km al este, 5,33 km al sur y 2,83 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 2,68 km en dirección este oeste noroeste y el radio máximo de alcance es de 5,89 km en dirección noreste.

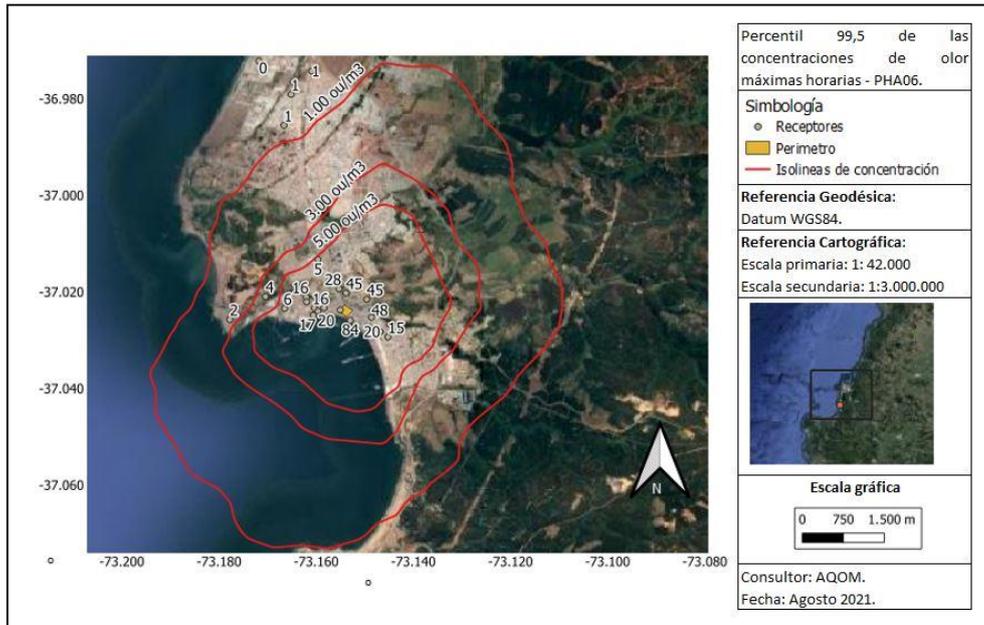


Figura 6-3. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA06.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 PHA 07

PHA 07 es una planta de producción de harina que se encuentra localizada en la Región de Tarapacá.

- Emisiones**

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de la PHA07 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-7. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA07.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Tromel	734,0	812,7	734,0	758,5	734,0	758,5
Secadores 1ª y 2ª etapa	20.134,2	22.291,5	20.134,2	20.805,4	20.134,2	20.805,4
Incinerador (caldera)	32.924,2	36.451,8	32.924,2	34.021,7	32.924,2	34.021,7
Pozos	119.054,3	131.809,3	119.054,3	123.022,3	119.054,3	123.022,3
Prensas	46.100,5	51.039,9	46.100,5	47.637,3	46.100,5	47.637,3
Estanque Ecuilizador	4.154,9	4.600,1	4.154,9	4.293,3	4.154,9	4.293,3
Acumulador de Lodos	10.276,9	11.378,0	10.276,9	10.619,4	10.276,9	10.619,4
DAF	386,9	428,4	386,9	399,8	386,9	399,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-8. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA07.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Tromel	734,0	0	758,5	734,0	758,5	734,0
Secadores 1ª y 2ª etapa	20.134,2	0	20.805,4	20.134,2	20.805,4	20.134,2
Incinerador (caldera)	32.924,2	0	34.021,7	32.924,2	34.021,7	32.924,2

Pozos	119.054,3	0	123.022,3	119.054,3	123.022,3	119.054,3
Prensas	46.100,5	0	47.637,3	46.100,5	47.637,3	46.100,5
Estanque Ecuador	4.154,9	0	4.293,3	4.154,9	4.293,3	4.154,9
Acumulador de Lodos	10.276,9	0	10.619,4	10.276,9	10.619,4	10.276,9
DAF	386,9	0	399,8	386,9	399,8	386,9

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA07 (Figura 6-4), se puede apreciar la generación de las isolíneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 6,25 km al norte, 2,58 km al este, 3,47 km al sur y 4,17 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 2,5 km en dirección este sureste y el radio máximo de alcance es de 8,35 km en dirección noreste.

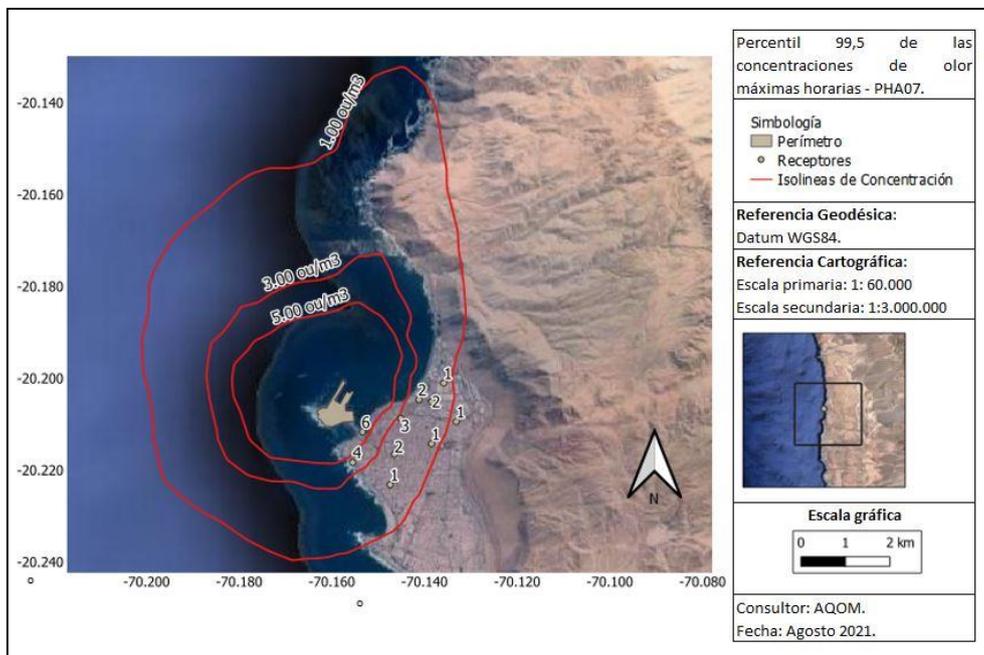


Figura 6-4. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA07.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 PHA 09

PHA 09 es una planta de producción que se encuentra localizada en la Región de Arica y Parinacota.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA09 se presentan a continuación.

Tabla 6-9. Tasa de emisión PHA09. (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Cinta transportadora lado mar	2.311,1	2.470,5	2.311,1	2.388,2	2.311,1	2.388,2
Cinta transportadora lado cerro	2.311,1	2.470,5	2.311,1	2.388,2	2.311,1	2.388,2
Cocedores 3	19.360,8	20.696,1	19.360,8	20.006,2	19.360,8	20.006,2
Tornillo a aire caliente 1	237,4	253,8	237,4	245,3	237,4	245,3
Tornillo a aire caliente 2	237,4	253,8	237,4	245,3	237,4	245,3
Tornillo aire caliente en altura	513,4	548,8	513,4	530,5	513,4	530,5
Caldera 4	4.968,9	5.311,6	4.968,9	5.134,5	4.968,9	5.134,5
Caldera 5	5.690,9	6.083,3	5.690,9	5.880,6	5.690,9	5.880,6
Caldera 6	5.690,9	6.083,3	5.690,9	5.880,6	5.690,9	5.880,6
Caldera 7	2.909,1	3.109,8	2.909,1	3.006,1	2.909,1	3.006,1
Planta evaporadora 1	888,5	949,8	888,5	918,1	888,5	918,1
Planta evaporadora 2	888,5	949,8	888,5	918,1	888,5	918,1
Ciclón enfriador harina 1	786,1	840,3	786,1	812,3	786,1	812,3
Ciclón enfriador harina 2	786,1	840,3	786,1	812,3	786,1	812,3
Ciclón molino	548,1	585,9	548,1	566,3	548,1	566,3
Cancha de acopio - Parte 1	177	189	177	182	177	182
Cancha de acopio - Parte 2						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-10. Tasa de emisión PHA09. (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Cinta transportadora lado mar	2.311,1	2.311,1	2.388,2	2.311,1	2.388,2	2.311,1
Cinta transportadora lado cerro	2.311,1	2.311,1	2.388,2	2.311,1	2.388,2	2.311,1
Cocedores 3	19.360,8	19.360,8	20.006,2	19.360,8	20.006,2	19.360,8
Tornillo a aire caliente 1	237,4	237,4	245,3	237,4	245,3	237,4
Tornillo a aire caliente 2	237,4	237,4	245,3	237,4	245,3	237,4
Tornillo aire caliente en altura	513,4	513,4	530,5	513,4	530,5	513,4
Caldera 4	4.968,9	4.968,9	5.134,5	4.968,9	5.134,5	4.968,9
Caldera 5	5.690,9	5.690,9	5.880,6	5.690,9	5.880,6	5.690,9
Caldera 6	5.690,9	5.690,9	5.880,6	5.690,9	5.880,6	5.690,9
Caldera 7	2.909,1	2.909,1	3.006,1	2.909,1	3.006,1	2.909,1
Planta evaporadora 1	888,5	888,5	918,1	888,5	918,1	888,5
Planta evaporadora 2	888,5	888,5	918,1	888,5	918,1	888,5
Ciclón enfriador harina 1	786,1	786,1	812,3	786,1	812,3	786,1
Ciclón enfriador harina 2	786,1	786,1	812,3	786,1	812,3	786,1
Ciclón molino	548,1	548,1	566,3	548,1	566,3	548,1
Cancha de acopio - Parte 1	177	177	182	177	182	177
Cancha de acopio - Parte 2						

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA09 (Figura 6-5), se puede apreciar la generación de isóneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 2,19 km al norte, 1,18 km al este, 0,8 km al sur y 1,84 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo

de alcance es de 0,68 km en dirección sureste y el radio máximo de alcance es de 3,04 km en dirección noreste.

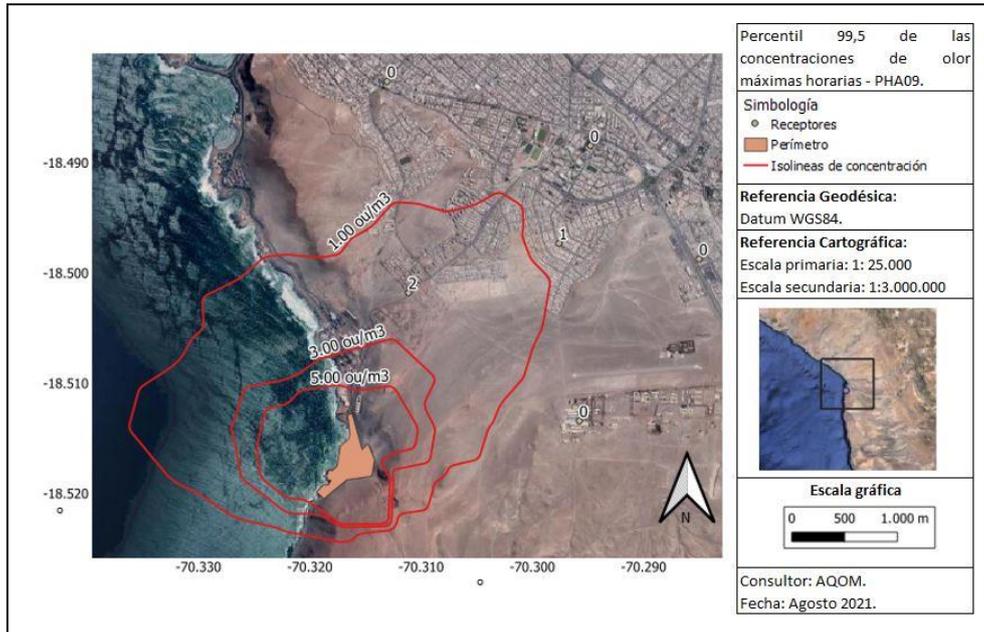


Figura 6-5. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA09.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 PHA 13

PHA13 es una planta de producción de harina que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de la PHA13 se presentan a continuación.

Tabla 6-11. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA13.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Pozos	172	184	172	178	172	178
Ducto caldera 2	13	14	13	13	13	13
Ducto caldera 4	42	44	42	43	42	43
Ducto enfriador	7.001	7.484	7.001	7.235	7.001	7.235
Ductos de molino	377	403	377	389	377	389

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-12. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA13.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Pozos	172	172	178	172	178	172
Ducto caldera 2	13	13	13	13	13	13
Ducto caldera 4	42	42	43	42	43	42
Ducto enfriador	7.001	7.001	7.235	7.001	7.235	7.001

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Ductos de molino	377	377	389	377	389	377

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA13, no se generaron isolíneas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.2.7 PHA 17

PHA 17 es una planta de producción de harina que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de la PHA 17 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-13. Tasa de emisión PHA17.

Fuente de emisión	TEO (ou/s)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pozo 1	5,1	2,9	10,2	20,1	13,4	7,2	0	4,5	0	0	3,3	2,3
Pozo 2	5,1	2,9	10,2	20,1	13,4	7,2	0	4,5	0	0	3,3	2,3
Pozo 3	5,1	2,9	10,2	20,1	13,4	7,2	0	4,5	0	0	3,3	2,3
Pozo 4	5,1	2,9	10,2	20,1	13,4	7,2	0	4,5	0	0	3,3	2,3
Pozo 5	5,1	2,9	10,2	20,1	13,4	7,2	0	4,5	0	0	3,3	2,3
Chimenea caldera 1	454,6	257,1	911,9	1799,7	1200,9	640,8	0	403,5	0	0	300,0	210,5
Chimenea caldera 2	454,6	257,1	911,9	1799,7	1200,9	640,8	0	403,5	0	0	300,0	210,5
Chimenea caldera 3	454,6	257,1	911,9	1799,7	1200,9	640,8	0	403,5	0	0	300,0	210,5
Apertura portón Galpón Harina	204,7	115,8	410,6	810,4	540,8	288,6	0	181,7	0	0	135,1	94,8
Enfriador	3352,6	1895,9	6724,7	13272,5	8856,3	4726,1	0	2975,9	0	0	2212,4	1552,1
Portón galpón planta de RILes	7,4	4,2	14,9	29,5	19,7	10,5	0	6,6	0	0	4,9	3,4
Puerta galpón planta de RILes	1,2	0,7	2,4	4,7	3,1	1,7	0	1,1	0	0	0,8	0,5
Ducto barredor de lodos 1	0,5	0,3	1,0	2,0	1,3	0,7	0	0,5	0	0	0,3	0,2
Ducto barredor de lodos 2	0,5	0,3	1,0	2,0	1,3	0,7	0	0,5	0	0	0,3	0,2
Estanque eequalizador	146,2	82,7	293,2	578,7	386,1	206,1	0	129,8	0	0	96,5	67,7

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA17, no se generaron isolíneas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.2.8 PHA 18

PHA 18 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región del BioBío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA18 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-14. Tasa de emisión PHA18. (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera 1	1053	1125	1053	1088	1053	1088
Caldera 2	1053	1125	1053	1088	1053	1088
Caldera 3	1053	1125	1053	1088	1053	1088
Caldera 4	1053	1125	1053	1088	1053	1088
Enfriador 1	4390	4693	4390	4537	4390	4537
Enfriador 2	4390	4693	4390	4537	4390	4537
Celosía 1 y 2	568	607	568	587	568	587
Ecuilizador	26	27	26	26	26	26
Pozo 1	8	9	8	8	8	8
Pozo 2	8	9	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-15. Tasa de emisión PHA18. (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera 1	1053	1053	1088	1053	1088	1053
Caldera 2	1053	1053	1088	1053	1088	1053
Caldera 3	1053	1053	1088	1053	1088	1053
Caldera 4	1053	1053	1088	1053	1088	1053
Enfriador 1	4390	4390	4537	4390	4537	4390
Enfriador 2	4390	4390	4537	4390	4537	4390
Celosía 1 y 2	568	568	587	568	587	568
Ecuilizador	26	26	26	26	26	26
Pozo 1	8	8	8	8	8	8
Pozo 2	8	8	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA18 (Figura 6-6), se puede apreciar que solo se generan las isolíneas de concentración de 1 y 3 OU/m³. El área de influencia en el percentil

99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 0,38 km al norte, 0,53 km al este, 0,95 km al sur y 0,64 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,33 km en dirección este noroeste y el radio máximo de alcance es de 0,96 km en dirección sureste.

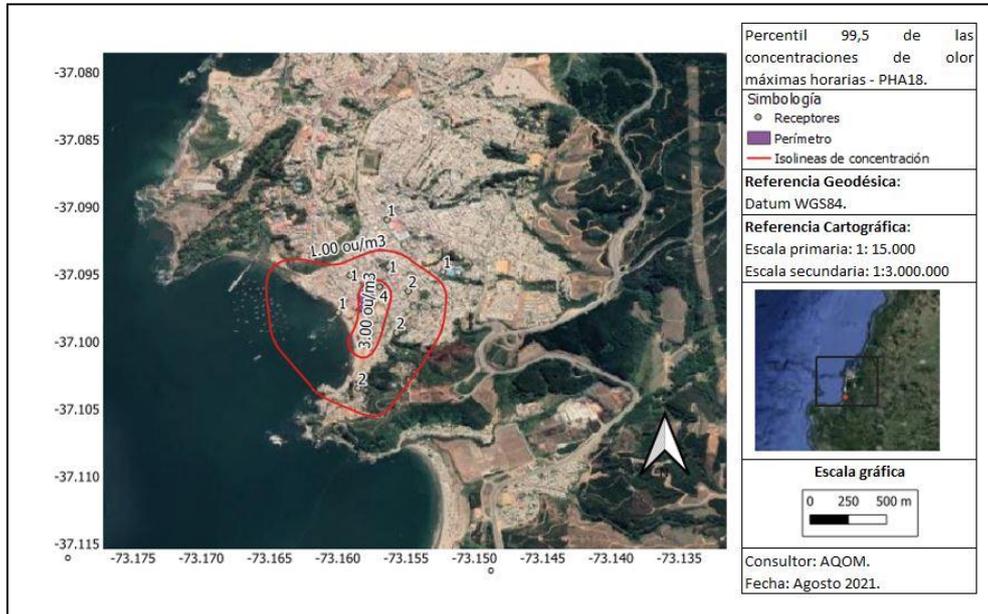


Figura 6-6. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA18.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.9 PHA 20

PHA20 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Coquimbo.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA20 se presenta a continuación.

Tabla 6-16. Tasa de emisión PHA20. (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera 1	3291	3518	3291	3400	3291	3400
Caldera 4	3291	3518	3291	3400	3291	3400
Caldera 5	3291	3518	3291	3400	3291	3400
Enfriador	24521	26212	24521	25338	24521	25338
Secadores	234	251	234	242	234	242
Prensa	529	566	529	547	529	547
Pozos	3722	3979	3722	3846	3722	3846
Lucarnas	87162	93173	87162	90067	87162	90067
Cocedores	359	384	359	371	359	371

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-17. Tasa de emisión PHA20. (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera 1	3291	3291	3400	3291	3400	3291
Caldera 4	3291	3291	3400	3291	3400	3291
Caldera 5	3291	3291	3400	3291	3400	3291
Enfriador	24521	24521	25338	24521	25338	24521
Secadores	234	234	242	234	242	234
Prensa	529	529	547	529	547	529
Pozos	3722	3722	3846	3722	3846	3722
Lucarnas	87162	87162	90067	87162	90067	87162
Cocedores	359	359	371	359	371	359

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA20 (Figura 6-7), se puede apreciar la generación de las isólinas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 2,41 km al norte, 1,86 km al este, 1,43 km al sur y 2,65 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 1,32 km en dirección este sur sureste y el radio máximo de alcance es de 3,19 km en dirección oeste noroeste.

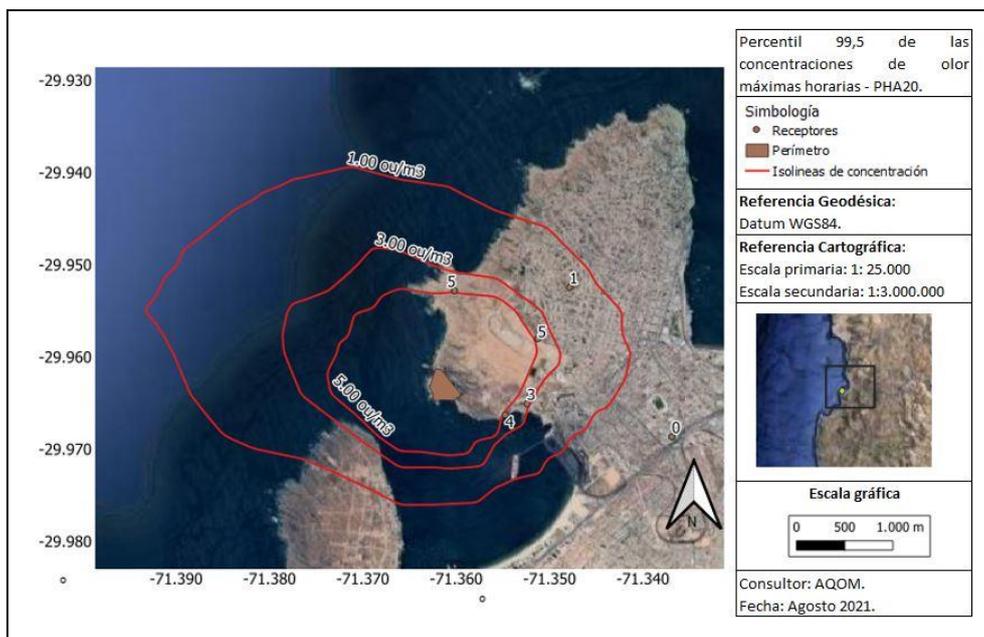


Figura 6-7. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA20.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.10 PHA 21

PHA 21 es una planta de producción de harina que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de la PHA 21 y su planta de tratamiento de RILes se presenta a continuación.

Tabla 6-18. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA21.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Celosía Galpón harina	116.447,1	135.052,0	148.330,4	391.853,9	324.294,4	135.206,8
Scrubber (enfriador molino)	18.993,9	22.028,6	24.194,4	63.916,0	52.896,3	22.053,8
Chimenea salida scrubber – SO ₂	3.631,6	4.211,8	4.625,9	12.220,5	10.113,6	4.216,6
Chimenea caldera	1.466,9	1.701,3	1.868,5	4.936,3	4.085,2	1.703,2
Acceso galpón harina	891,0	1.033,4	1.135,0	2.998,4	2.481,5	1.034,6
Accesos galpón DAF	247,0	286,5	314,7	831,3	687,9	286,8
Tromel 1	213,7	247,9	272,3	719,2	595,2	248,2
Contenedor de lodos (lodos)	29,8	34,6	38,0	100,4	83,1	34,7
Pozo recepción pesca 1	14,4	16,7	18,3	48,5	40,1	16,7
Tromel 2	12,6	14,6	16,1	42,5	35,2	14,7
Contenedor de lodos (escamas)	12,2	14,2	15,6	41,1	34,0	14,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-19. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA21.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Celosía Galpón harina	91.688,5	10.361,5	0	49.498,8	159.571,1	51.364,3
Scrubber (enfriador molino)	14.955,5	1.690,1	0	8.073,8	26.027,9	8.378,1
Chimenea salida scrubber – SO ₂	2.859,4	323,1	0	1.543,7	4.976,5	1.601,9
Chimenea caldera	1.155,0	130,5	0	623,5	2.010,1	647,0
Accesos galpón harina	701,6	79,3	0	378,8	1.221,0	393,0
Acceso galpón DAF	194,5	22,0	0	105,0	338,5	109,0
Tromel 1	168,3	19,0	0	90,9	292,9	94,3
Contenedor de lodos (lodos)	23,5	2,7	0	12,7	40,9	13,2
Pozo recepción pesca 1	11,3	1,3	0	6,1	19,7	6,4
Tromel 2	9,9	1,1	0	5,4	17,3	5,6
Contenedor de lodos (escamas)	9,6	1,1	0	5,2	16,7	5,4

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de la modelación, los contenedores de lodos se encuentran localizados en las mismas coordenadas.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA21 (Figura 6-8), se puede apreciar que se generan las isóneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 3,36 km al norte, 2,67 km al este, 4,35 km al sur y 2,12 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 1,96 km en dirección este oeste noroeste y el radio máximo de alcance es de 4,73 km en dirección nornordeste.

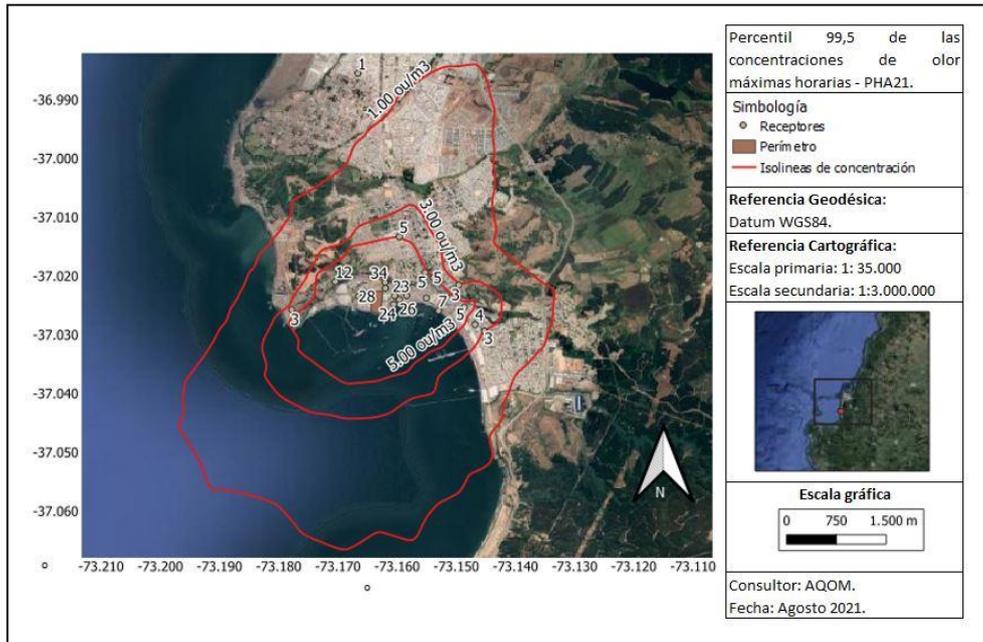


Figura 6-8. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA21.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.11 PHA 23

PHA 23 es una planta de producción de harina y de hidrolizados que se encuentra localizada en la Región del BioBío.

- Emisiones

Los resultados obtenidos de la estimación de la emisión atmosférica de olor para la operación de PHA23 se presenta a continuación.

Tabla 6-20. Tasa de emisión PHA23 (Enero a Junio).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	1	2	3	4	5	6
Scrubber planta harina	53.333	57.011	53.333	55.111	53.333	55.111
Equipo UV-ozono	778	832	778	804	778	804
Scrubber planta hidrolizado	1.238	1.323	1.238	1.279	1.238	1.279
Enfriador 1	18.765	20.059	18.765	19.390	18.765	19.390
Lavador de gases post-secado	18.990	20.300	18.990	19.623	18.990	19.623

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-21. Tasa de emisión PHA23 (Julio a Diciembre).

Fuente de emisión	TEO (ou/s)					
	7	8	9	10	11	12
Scrubber planta harina	53.333	53.333	55.111	53.333	55.111	53.333
Equipo UV-ozono	778	778	804	778	804	778
Scrubber planta hidrolizado	1.238	1.238	1.279	1.238	1.279	1.238
Enfriador 1	18.765	18.765	19.390	18.765	19.390	18.765
Lavador de gases post-secado	18.990	18.990	19.623	18.990	19.623	18.990

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA23 (Figura 6-9), se puede apreciar que se generan las isolíneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 1,27 km al norte, 1,42 km al este, 0,92 km al sur y 0,9 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,8 km en dirección este sureste y el radio máximo de alcance es de 2,81 km en dirección noreste.

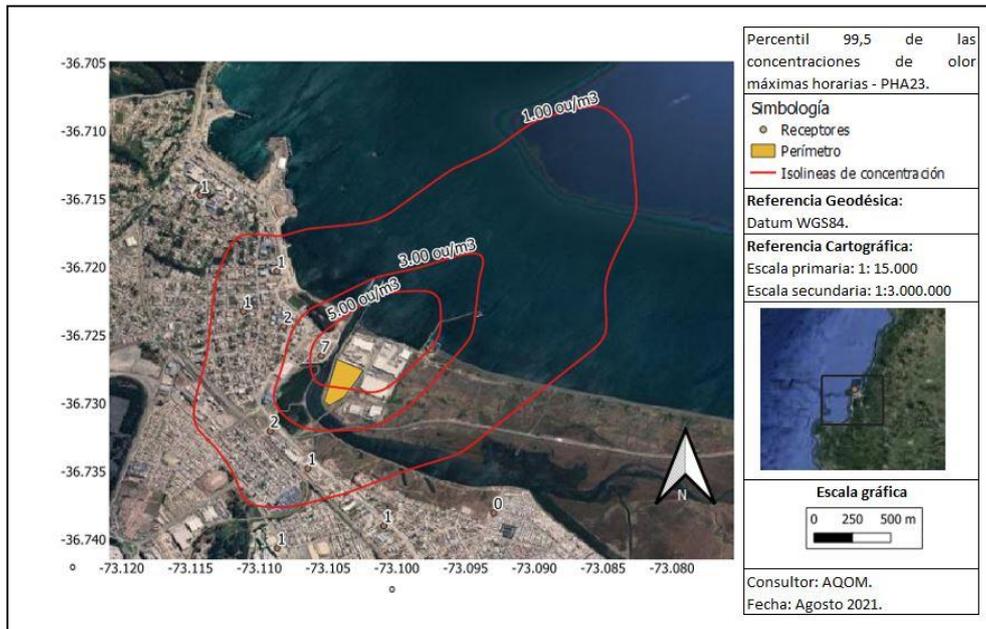


Figura 6-9. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA23.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 PHAs sin EIO

6.3.1 PHA 01

PHA01 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Tabla 6-22. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA01.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	26.461	28.286	26.461	27.343	26.461	27.343
Enfriador	62.996	67.341	62.996	65.096	62.996	65.096
Pozo	9.306	9.948	9.306	9.616	9.306	9.616

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-23. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA01.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	26.461	26.461	27.343	26.461	27.343	26.461
Enfriador	62.996	62.996	65.096	62.996	65.096	62.996
Pozo	9.306	9.306	9.616	9.306	9.616	9.306

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 95 de la modelación de PHA01 (Figura 6-10), se puede apreciar que se generan las isólineas de concentración de los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 1,51 km al norte, 1,69 km al este, 1,46 km al sur y 1,08 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 1,08 km en dirección oeste y el radio máximo de alcance es de 2,42 km en dirección noreste.

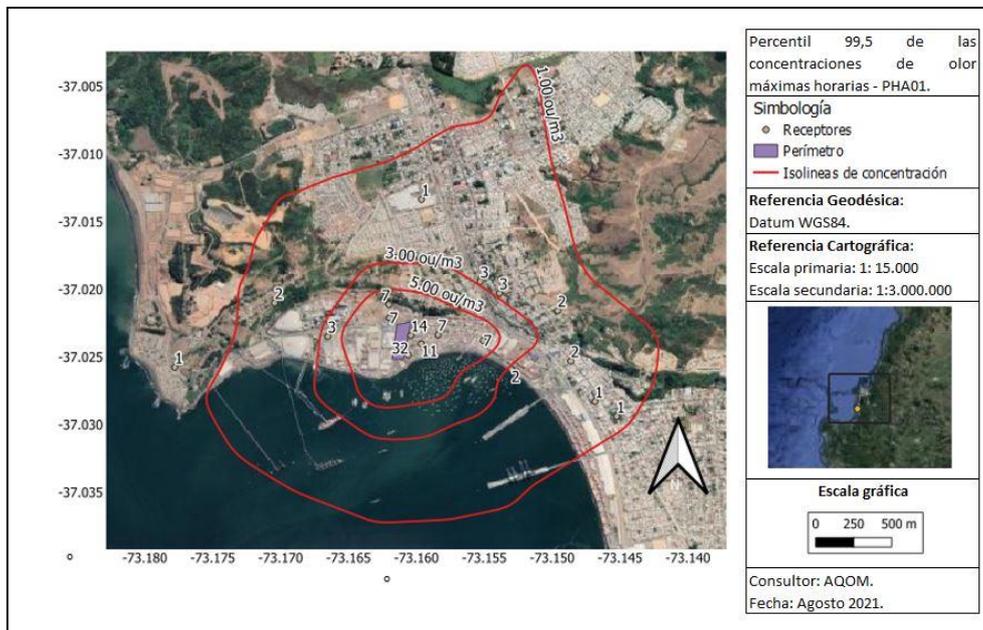


Figura 6-10. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA01.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 PHA 03

PHA 03 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Los Ríos.

- Emisiones

Tabla 6-24. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA03.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	54.993	58.785	54.993	56.826	54.993	56.826

Enfriador	130.924	139.953	130.924	135.288	130.924	135.288
Pozo	19.340	20.674	19.340	19.985	19.340	19.985

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-25. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA03.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	54.993	54.993	56.826	54.993	56.826	54.993
Enfriador	130.924	130.924	135.288	130.924	135.288	130.924
Pozo	19.340	19.340	19.985	19.340	19.985	19.340

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA03 (Figura 6-11), se puede apreciar que se generan las isolíneas de concentración de los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 2,13 km al norte, 2,19 km al este, 2,04 km al sur y 1,62 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 1,45 km en dirección noreste y el radio máximo de alcance es de 4,27 km en dirección noroeste.

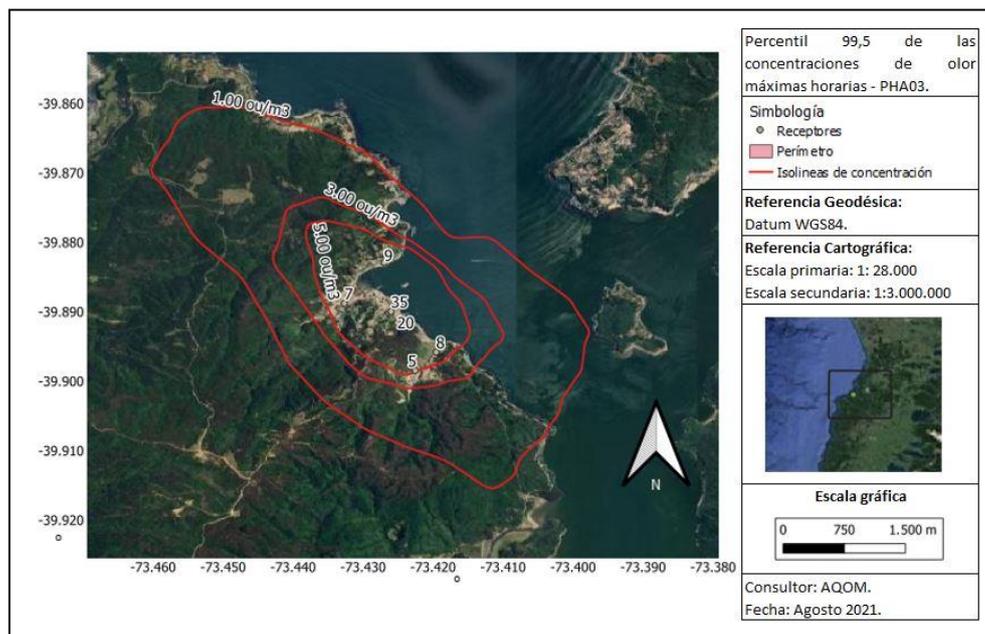


Figura 6-11. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA03.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 PHA 05

PHA 05 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Atacama.

- Emisiones

Tabla 6-26. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA05.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	22.265	23.800	22.265	23.007	22.265	23.007
Enfriador	53.007	56.662	53.007	54.774	53.007	54.774
Pozo	7.830	8.370	7.830	8.091	7.830	8.091

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-27. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA05.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	22.265	22.265	23.007	22.265	23.007	22.265
Enfriador	53.007	53.007	54.774	53.007	54.774	53.007
Pozo	7.830	7.830	8.091	7.830	8.091	7.830

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA05 (Figura 6-12), se puede apreciar que se generan isólinas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 1,8 km al norte, 0,91 km al este, 1,74 km al sur y 2,31 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,89 km en dirección este nordeste y el radio máximo de alcance es de 2,98 km en dirección oeste noroeste.

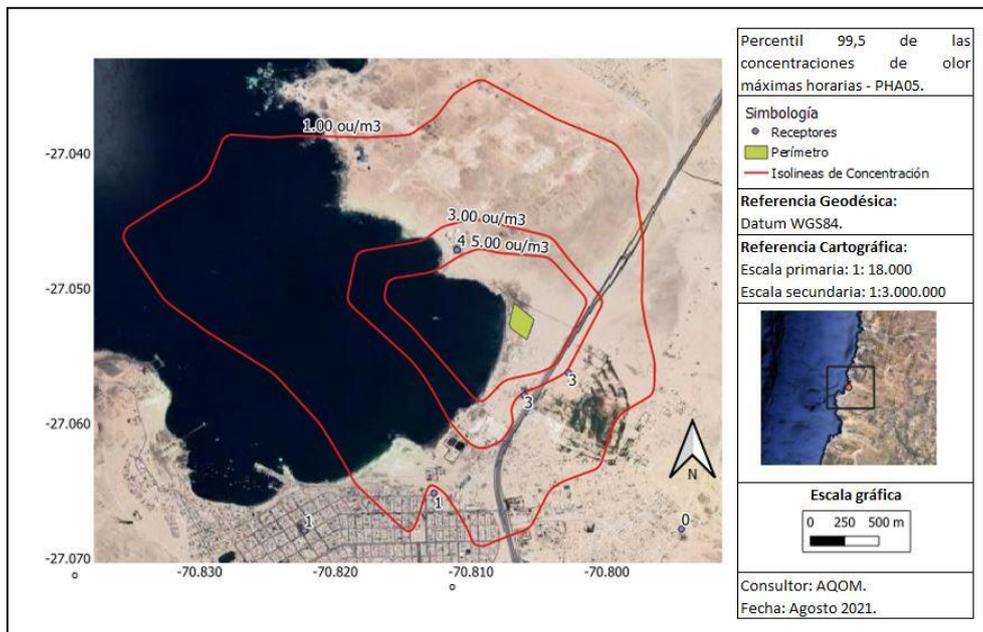


Figura 6-12. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA05.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.4 PHA 08

PHA08 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Antofagasta.

- Emisiones

Tabla 6-28. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA08.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	35.982	38.463	35.982	37.181	35.982	37.181
Enfriador	85.663	91.571	85.663	88.518	85.663	88.518
Pozo	12.654	13.527	12.654	13.076	12.654	13.076

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-29. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA08.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	35.982	35.982	37.181	35.982	37.181	35.982
Enfriador	85.663	85.663	88.518	85.663	88.518	85.663
Pozo	12.654	12.654	13.076	12.654	13.076	12.654

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA08 (Figura 6-13), se puede apreciar que se generan isolíneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 3,77 km al norte, 0,98 km al este, 1,17 km al sur y 0,66 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,62 km en dirección oeste suroeste y el radio máximo de alcance es de 3,97 km en dirección nornordeste.

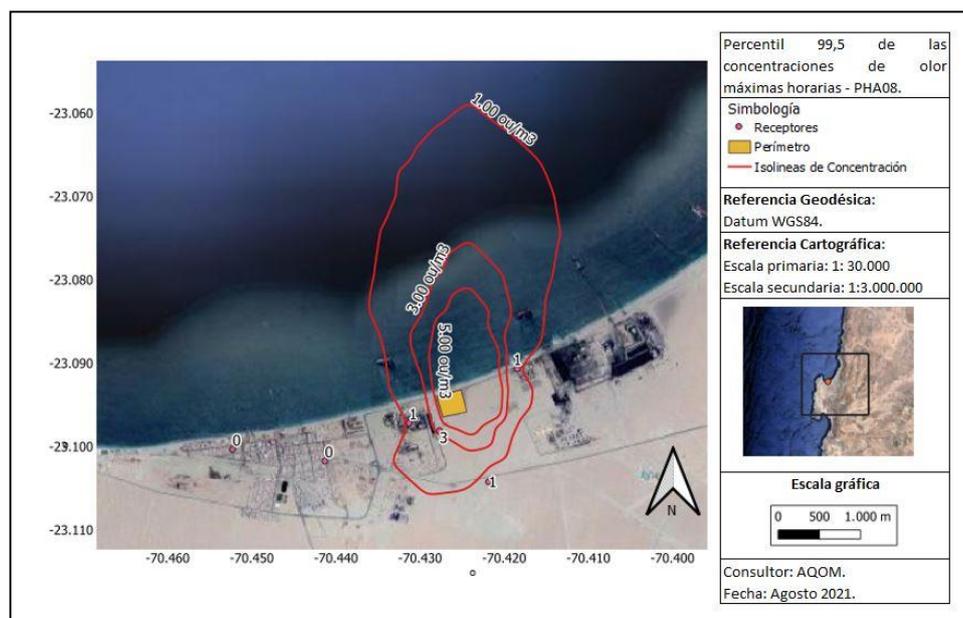


Figura 6-13. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA08.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.5 PHA 10

PHA 10 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Tarapacá.

- Emisiones

Tabla 6-30. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA10.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	9.769	10.443	9.769	10.095	9.769	10.095
Enfriador	23.258	24.862	23.258	24.033	23.258	24.033
Pozo	3.436	3.673	3.436	3.550	3.436	3.550

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-31. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA10.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	9.769	9.769	10.095	9.769	10.095	9.769
Enfriador	23.258	23.258	24.033	23.258	24.033	23.258
Pozo	3.436	3.436	3.550	3.436	3.550	3.436

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA10 (Figura 6-14), se puede apreciar de que se generan isolíneas de concentración en los niveles de 1 y 3 OU/m³. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 0,85 km al norte, 0,49 km al este, 0,62 km al sur y 0,82 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,49 km en dirección este este y el radio máximo de alcance es de 0,88 km en dirección nornordeste.



Figura 6-14. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA10.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.6 PHA 11

PHA 11 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Tarapacá.

- Emisiones

Tabla 6-32. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA11.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	21.177	22.638	21.177	21.883	21.177	21.883
Enfriador	50.418	53.895	50.418	52.099	50.418	52.099
Pozo	7.448	7.961	7.448	7.696	7.448	7.696

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-33. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA11.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	21.177	21.177	21.883	21.177	21.883	21.177
Enfriador	50.418	50.418	52.099	50.418	52.099	50.418
Pozo	7.448	7.448	7.696	7.448	7.696	7.448

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA11 (Figura 6-15), se puede apreciar de que se generan isolíneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 1,25 km al norte, 0,87 km

al este, 1,52 km al sur y 1,52 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,8 km en dirección este sureste y el radio máximo de alcance es de 1,89 km en dirección noreste.



Figura 6-15. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA11.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.7 PHA 12

PHA12 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región de Magallanes y Tierra del Fuego.

- Emisiones

Tabla 6-34. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA12.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	27.893	29.816	27.893	28.822	27.893	28.822
Enfriador	66.405	70.985	66.405	68.619	66.405	68.619
Pozo	9.809	10.486	9.809	10.136	9.809	10.136

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-35. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA12.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	27.893	27.893	28.822	27.893	28.822	27.893
Enfriador	66.405	66.405	68.619	66.405	68.619	66.405
Pozo	9.809	9.809	10.136	9.809	10.136	9.809

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA12 (Figura 6-16), se puede apreciar que se generan isólinas de concentración en 2 de los niveles definidos, correspondientes a 1 y 3 OU/m³. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 0,37 km al norte, 1,48 km al este, 1,13 km al sur y 0,41 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,27 km en dirección noroeste y el radio máximo de alcance es de 1,6 km en dirección suroeste.

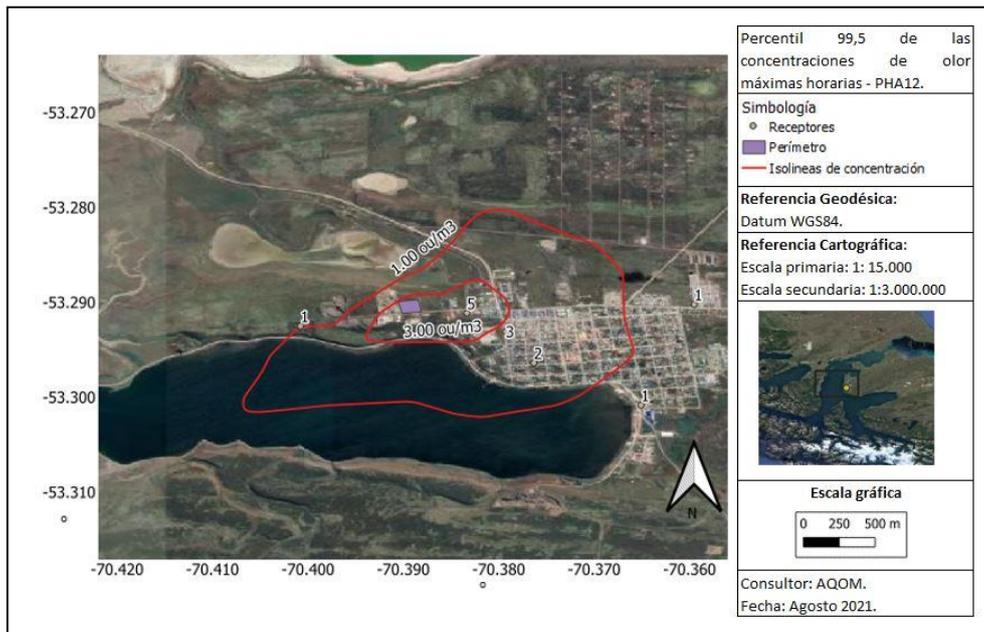


Figura 6-16. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA12.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.8 PHA 14

PHA14 es una planta de producción de harina y aceite de pescado que se encuentra localizada en la Región de Aysén.

- Emisiones

Tabla 6-36. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA14.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	235	251	235	243	235	243
Enfriador	559	597	559	577	559	577
Pozo	83	88	83	85	83	85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-37. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA14.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	235	235	243	235	243	235

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Enfriador	559	559	577	559	577	559
Pozo	83	83	85	83	85	83

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA14, no se generaron isoclinas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.3.9 PHA 15

PHA 15 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de los Lagos.

- Emisiones

Tabla 6-38. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA15.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	77	82	77	79	77	79
Enfriador	182	195	182	188	182	188
Pozo	27	29	27	28	27	28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-39. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA15.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	77	77	79	77	79	77
Enfriador	182	182	188	182	188	182
Pozo	27	27	28	27	28	27

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA15, no se generaron isoclinas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.3.10 PHA 16

PHA16 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de los Lagos.

- Emisiones

Tabla 6-40. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA16.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6

Caldera	8,573	9,164	8,573	8,859	8,573	8,859
Enfriador	20,410	21,817	20,410	21,090	20,410	21,090
Pozo	3,015	3,223	3,015	3,115	3,015	3,115

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-41. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA16.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	8,573	8,573	8,859	8,573	8,859	8,573
Enfriador	20,410	20,410	21,090	20,410	21,090	20,410
Pozo	3,015	3,015	3,115	3,015	3,115	3,015

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA16 (Figura 6-17), se puede apreciar que se genera una isolínea de concentración solo para 1 OU/m³. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 0,73 km al norte, 0,85 km al este, 0,89 km al sur y 0,26 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 0,25 km en dirección este oeste noroeste y el radio máximo de alcance es de 0,93 km en dirección sur suroeste.

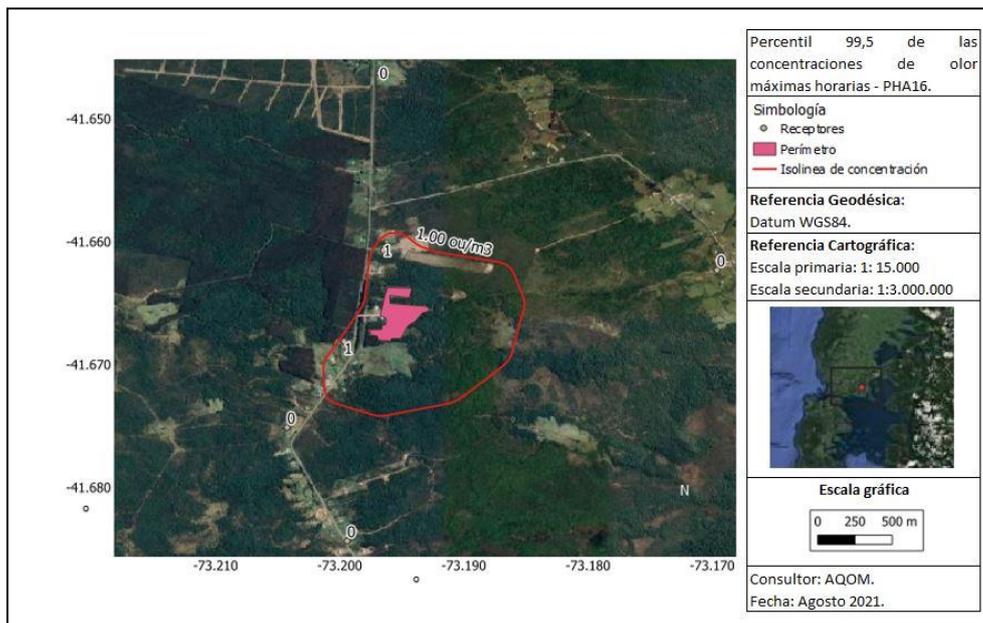


Figura 6-17. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA16.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.11 PHA 19

PHA19 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región del Biobío.

- Emisiones

Tabla 6-42. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA19.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	101.542	108.545	101.542	104.927	101.542	104.927
Enfriador	241.746	258.418	241.746	249.804	241.746	249.804
Pozo	35.711	38.173	35.711	36.901	35.711	36.901

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-43. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA19.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	101.542	101.542	104.927	101.542	104.927	101.542
Enfriador	241.746	241.746	249.804	241.746	249.804	241.746
Pozo	35.711	35.711	36.901	35.711	36.901	35.711

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA19 (Figura 6-18), se puede apreciar que se generan las isolíneas de concentración en los 3 niveles definidos. El área de influencia en el percentil 99,5 para las condiciones modeladas tiene un alcance de 4,33 km al norte, 3,11 km al este, 5,14 km al sur y 3,22 km al oeste desde el centro del perímetro de la planta. El radio mínimo de alcance es de 2,61 km en dirección este oeste noroeste y el radio máximo de alcance es de 6,34 km en dirección sur suroeste.

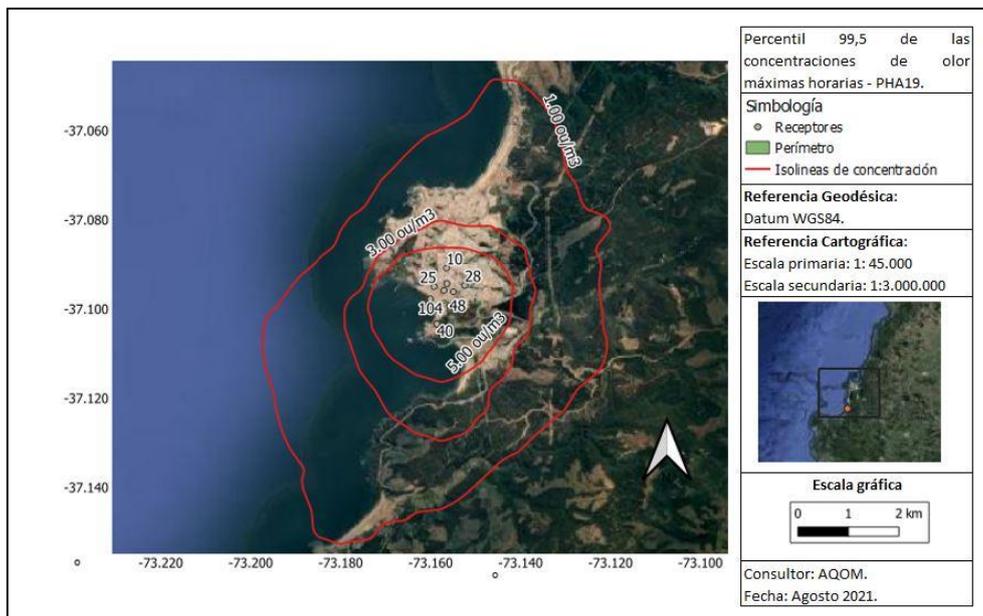


Figura 6-18. Concentración ambiental de olor percentil 99,5 PHA19.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.12 PHA 22

PHA22 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de los Lagos.

- Emisiones

Tabla 6-44. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA22.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	9	10	9	9	9	9
Enfriador	21	23	21	22	21	22
Pozo	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-45. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA22.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	9	9	9	9	9	9
Enfriador	21	21	22	21	22	21
Pozo	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA22, no se generaron isolíneas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.3.13 PHA 24

PHA 24 es una planta de producción de harina y aceite de pescado, que se encuentra localizada en la Región de Valparaíso.

- Emisiones

Tabla 6-46. Tasa de emisión (Enero a Junio) PHA24.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	1	2	3	4	5	6
Caldera	452	483	452	467	452	467
Enfriador	1.075	1.149	1.075	1.111	1.075	1.111
Pozo	159	170	159	164	159	164

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-47. Tasa de emisión (Julio a Diciembre) PHA24.

Fuente de emisión	TEO (OU/s)					
	7	8	9	10	11	12
Caldera	452	452	467	452	467	452
Enfriador	1.075	1.075	1.111	1.075	1.111	1.075
Pozo	159	159	164	159	164	159

Fuente: Elaboración propia.

- Escenarios y concentración en receptores

En el percentil 99,5 de la modelación de PHA24, no se generaron isolíneas de concentración en los niveles definidos, por lo que no se presenta el mapa con las concentraciones en inmisión.

6.4 Análisis de la tasa de emisión de olor por planta

La información obtenida a partir de la modelación permite el análisis de la tasa de emisión de olor (TEO, en unidades OU_E/s) para cada planta, diferenciado por fuente de emisión. En las subsecciones anteriores (Sección 6.2 y 6.3) se han presentado los resultados mensuales para la tasa de emisión por tipo de fuente, para cada planta, obtenidos de la modelación. A partir de esos resultados, se realiza este análisis con la finalidad de determinar las fuentes que generan las mayores tasas de emisión odorante.

Se presenta en la Tabla 6-48 el ranking de la tasa de emisión odorante promedio mensual para cada planta.

Tabla 6-48. Ranking tasa de emisión por planta (OU_E/s) (promedio mensual)

Planta	Región	Comuna	Promedio mensual TEO total (OU_E/s)
PHA06	Biobío	Coronel	526.440,7
PHA19	Biobío	Coronel	385.388,1
PHA02	Los Ríos	Corral	313.992,5
PHA07	Biobío	Talcahuano	218.969,8
PHA03	Atacama	Caldera	208.717,3
PHA21	Biobío	Coronel	163.935,0
PHA08	Tarapacá	Iquique	136.562,8
PHA20	Antofagasta	Mejillones	128.530,3
PHA12	Arica y Parinacota	Arica	105.862,0
PHA01	Tarapacá	Iquique	100.428,0
PHA23	Tarapacá	Iquique	94.673,4
PHA04	Magallanes	Porvenir	90.198,3
PHA05	Biobío	Coronel	84.502,8
PHA11	Aysén	Aysén	80.375,6
PHA09	Los Lagos	Puerto Montt	49.119,3
PHA10	Los Lagos	Calbuco	33.937,8
PHA18	Biobío	Coronel	13.831,0
PHA13	Biobío	Lota	7.733,0
PHA17	Biobío	Lota	5.779,3
PHA24	Coquimbo	Coquimbo	1.714,3
PHA14	Biobío	Coronel	891,3
PHA15	Los Lagos	Puerto Montt	290,7
PHA22	Biobío	Talcahuano	33,6
PHA16	Valparaíso	San Antonio	32,5

Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de ordenar la información por fuentes, se categorizaron las fuentes emisoras de vahos en 4 zonas: Recepción de materia prima, producción, almacenamiento, y planta de RILes (PTRIL). La siguiente tabla entrega la información general para la zonificación de fuentes, y considera todas las posibles fuentes utilizadas como insumo para la modelación. Además, se indica si una fuente específica emite vaho frío o vaho caliente. Es particular, solo la zona de producción puede emitir vahos fríos o calientes. Para las otras 3 zonas se considera que solo emiten vahos fríos.

Tabla 6-49. Zonificación de las fuentes de PHA

Zonas	Fuentes	Tipo de vahos
Recepción de materia prima	Cintas transportadoras	Frío
	Galpón de pozos	
	Pozos de recepción	
Producción	Calderas	Caliente
	Celosías y Lucarnas (*)	Frío
	Enfriadores	Frío
	Molinos	Frío
	Cocedores	Caliente
	Extractores	Frío
	Incineradores	Caliente
	Equipos de tratamiento	Frío
	Planta evaporadora	Caliente
	Prensas	Frío
	Secadores	Frío
	Tornillos	Frío
	Tromel	Frío
PTRIL	Sistema DAF	Frío
	Lodos	
	Estanque Ecuilizador	
	Galpón de planta de RILES (*)	
Almacenamiento	Galpón de harina (*)	Frío
	Cancha de acopio (*)	

Nota: Las fuentes marcadas con (*) no producen olor como tal, pero son puntos de liberación de olor a la atmosfera.

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes subsecciones se presenta el detalle de la tasa de emisión promedio mensual por zona y fuente para cada planta. Para cada planta se indica la zona de mayor TEO mensual, así como la o las fuentes que presentan la mayor TEO.

6.4.1 Plantas con EIO

6.4.1.1 PHA02

Tabla 6-50. Tasa de emisión por zona para PHA02

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Chimenea caldera 2	110.981,9	35,3%	Caliente
	Chimenea caldera 1	97.543,3	31,1%	Caliente
	Chimenea caldera 3	77.071,0	24,5%	Caliente
	Chimenea Lavador gases	24.964,8	8,0%	Frio
Almacenamiento	Portón Bodega Harina	2.406,9	0,8%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 1	232,0	0,1%	Frio
	Pozo 2	232,0	0,1%	Frio
	Pozo 3	232,0	0,1%	Frio
	Pozo 4	232,0	0,1%	Frio
PTRIL	Planta DAF	96,6	0,0%	Frio
Total		313.992,5	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son las 3 chimeneas de calderas (emisión de vahos calientes), con un 91% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.2 PHA04

Tabla 6-51. Tasa de emisión por zona para PHA04

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Chimenea lavador de gases	36.384,3	40,3%	Frio
Almacenamiento	Portón Bodega Harina	13.188,6	14,6%	Frio
Producción	Chimenea caldera 2	12.501,3	13,9%	Caliente
Producción	Chimenea caldera 1	9.773,3	10,8%	Caliente
Producción	Chimenea caldera 3	8.882,6	9,8%	Caliente
PTRIL	Chimenea gases riles	4.511,8	5,0%	Frio
Recepción de materia prima	Galpón de pozos	3.083,1	3,4%	Frio
Producción	Celosía proceso	1.377,2	1,5%	Frio
PTRIL	Galpón planta DAF	469,6	0,5%	Frio
Recepción de materia prima	Descarga pozo pescado	26,5	0,0%	Frio
Total		90.198,3	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción, y en menor medida a la zona de almacenamiento. Las fuentes en la zona de producción que presentan la mayor TEO son las chimeneas de lavador de gases (emisión de vahos fríos) y chimeneas de calderas (emisión de vahos calientes), con un 75% de tasa de

emisión de olor conjunta, aproximadamente. La zona de almacenamiento alcanza una tasa de emisión odorante de casi el 15% (vahos fríos).

6.4.1.3 PHA06

Tabla 6-52. Tasa de emisión por zona para PHA06

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Recepción de materia prima	Pozo	400.860,6	76,1%	Frio
Producción	Celosía	51.432,7	9,8%	Frio
Producción	Incinerador	46.522,3	8,8%	Caliente
PTRIL	Estanque equalizador	10.943,2	2,1%	Frio
Producción	Secadores 3 etapa	10.647,5	2,0%	Frio
Producción	Enfriadores	4.791,4	0,9%	Frio
PTRIL	Estanque DAF	1.013,8	0,2%	Frio
Producción	Sala envasados	142,5	0,0%	Frio
PTRIL	Separador de sólidos	65,4	0,0%	Frio
Producción	Extractor	21,4	0,0%	Frio
Total		526.440,7	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de recepción de materia prima. La fuente que presenta la mayor TEO es el pozo de recepción (emisión de vahos fríos), con un 76,1% de tasa de emisión de olor.

6.4.1.4 PHA07

Tabla 6-53. Tasa de emisión por zona para PHA07

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Recepción de materia prima	Pozos	111.518,7	50,9%	Frio
Producción	Prensas	43.182,7	19,7%	Frio
Producción	Incinerador (caldera)	30.840,3	14,1%	Caliente
Producción	Secadores 1ª y 2ª etapa	18.859,9	8,6%	Frio
PTRIL	Acumulador de Lodos	9.626,4	4,4%	Frio
PTRIL	Estanque equalizador	3.891,9	1,8%	Frio
Producción	Tromel	687,6	0,3%	Frio
PTRIL	DAF	362,4	0,2%	Frio
Total		218.969,8	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de recepción de materia prima. La fuente que presenta la mayor TEO es el pozo de recepción (emisión de vahos fríos), con un 50,9% de tasa de emisión de olor. La zona de producción es

también significativa, con un 42,7% de tasa de emisión de olor, proveniente de las fuentes de prensa y secadores (vahos fríos), así como del incinerador (vahos calientes).

6.4.1.5 PHA09

Tabla 6-54. Tasa de emisión por zona para PHA09

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Cocedores 3	19.687,2	40,1%	Caliente
Producción	Caldera 5	5.786,8	11,8%	Caliente
Producción	Caldera 6	5.786,8	11,8%	Caliente
Producción	Caldera 4	5.052,7	10,3%	Caliente
Producción	Caldera 7	2.958,2	6,0%	Caliente
Recepción de materia prima	Cinta transportadora lado cerro	2.350,1	4,8%	Frio
Recepción de materia prima	Cinta transportadora lado mar	2.350,1	4,8%	Frio
Producción	Planta evaporadora 1	903,5	1,8%	Caliente
Producción	Planta evaporadora 2	903,5	1,8%	Caliente
Producción	Ciclón enfriador harina 1	799,4	1,6%	Frio
Producción	Ciclón enfriador harina 2	799,4	1,6%	Frio
Producción	Ciclón molino	557,3	1,1%	Frio
Producción	Tornillo aire caliente en altura	522,1	1,1%	Caliente
Producción	Tornillo a aire caliente 1	241,4	0,5%	Caliente
Producción	Tornillo a aire caliente 2	241,4	0,5%	Caliente
Almacenamiento	Cancha de acopio	179,7	0,4%	Frio
Total		49.119,3	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OUE/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el cocedor y las calderas, con un 80% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.6 PHA13

Tabla 6-55. Tasa de emisión por zona para PHA13

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Ducto enfriador	7.119,3	92,1%	Frio
Producción	Ductos de molino	383,2	5,0%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo	175,0	2,3%	Frio
Producción	Ducto caldera 4	42,5	0,5%	Caliente
Producción	Ducto caldera 2	13,1	0,2%	Caliente
Total		7.733,0	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el ducto del enfriador y molino (vahos fríos), con un 97,1% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.7 PHA17

Tabla 6-56. Tasa de emisión por zona para PHA17

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Enfriador	3.797,4	65,7%	Frio
Producción	Chimenea caldera 1	514,9	8,9%	Caliente
Producción	Chimenea caldera 2	514,9	8,9%	Caliente
Producción	Chimenea caldera 3	514,9	8,9%	Caliente
Almacenamiento	Apertura portón Galpón Harina	231,9	4,0%	Frio
PTRIL	Estanque eculizador	165,6	2,9%	Frio
PTRIL	Portón galpón planta de RILes	8,4	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 1	5,8	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 2	5,8	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 3	5,8	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 4	5,8	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 5	5,8	0,1%	Frio
PTRIL	Puerta galpón planta de RILes	1,4	0,0%	Frio
PTRIL	Ducto barredor de lodos 1	0,6	0,0%	Frio
PTRIL	Ducto barredor de lodos 2	0,6	0,0%	Frio
Total		5.779,3	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el enfriador (emisión de vahos fríos) y las chimeneas de caldera (emisión de vahos calientes), con un 92,4% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.8 PHA18

Tabla 6-57. Tasa de emisión por zona para PHA18

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Enfriador 1	4.464,3	32,3%	Frio
Producción	Enfriador 2	4.464,3	32,3%	Frio

Producción	Caldera 1	1.070,7	7,7%	Caliente
Producción	Caldera 2	1.070,7	7,7%	Caliente
Producción	Caldera 3	1.070,7	7,7%	Caliente
Producción	Caldera 4	1.070,7	7,7%	Caliente
Producción	Celosía 1 y 2	577,6	4,2%	Frio
PTRIL	Ecualizador	26,1	0,2%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 1	8,1	0,1%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo 2	8,1	0,1%	Frio
Total		13.831,0	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son los enfriadores (emisión de vahos fríos) y las calderas (emisión de vahos calientes), con un 95,4% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.9 PHA20

Tabla 6-58. Tasa de emisión por zona para PHA20

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Lucarnas	88.631,3	69,0%	Frio
Producción	Enfriador	24.934,3	19,4%	Frio
Recepción de materia prima	Pozos	3.784,8	2,9%	Frio
Producción	Caldera 1	3.346,3	2,6%	Caliente
Producción	Caldera 4	3.346,3	2,6%	Caliente
Producción	Caldera 5	3.346,3	2,6%	Caliente
Producción	Prensa	538,1	0,4%	Frio
Producción	Cocedores	365,1	0,3%	Caliente
Producción	Secadores	238,1	0,2%	Frio
Total		128.530,3	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el enfriador y las lucarnas de producción (emisión de vahos fríos), con un 88,4% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.1.10 PHA21

Tabla 6-59. Tasa de emisión por zona para PHA21

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Almacenamiento	Celosía Galpón harina	134.472,4	82,0%	Frio

Producción	Scrubber (enfriador molino)	21.934,0	13,4%	Frio
Producción	Chimenea salida scrubber – SO ₂	4.193,7	2,6%	Frio
Producción	Chimenea caldera	1.694,0	1,0%	Caliente
Almacenamiento	Acceso galpón harina	1.029,0	0,6%	Frio
PTRIL	Accesos galpón DAF	285,3	0,2%	Frio
Producción	Tromel 1	246,8	0,2%	Frio
PTRIL	Contenedor de lodos (lodos)	34,5	0,0%	Frio
Recepción de materia prima	Pozo recepción pesca 1	16,6	0,0%	Frio
Producción	Tromel 2	14,6	0,0%	Frio
PTRIL	Contenedor de lodos (escamas)	14,1	0,0%	Frio
Total		163.935,0	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OUE/s corresponde a la zona de Almacenamiento. La fuente que presenta la mayor TEO es la celosía del galpón de harina (emisión de vahos fríos), con un 82% de tasa de emisión de olor.

6.4.1.11 PHA23

Tabla 6-60. Tasa de emisión por zona para PHA23

Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
Producción	Scrubber planta harina	54.232,2	57,3%	Frio
Producción	Lavador de gases post-secado	19.310,2	20,4%	Frio
Producción	Enfriador 1	19.081,2	20,2%	Frio
Producción	Scrubber planta hidrolizado	1.258,8	1,3%	Frio
Producción	Equipo UV-ozono	791,2	0,8%	Frio
Total		94.673,4	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OUE/s corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el scrubber de la planta de harina (emisión de vahos fríos), el lavador de gases post-secado, y el enfriador, con un 97,9% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.4.2 Plantas sin EIO

Tabla 6-61. Tasa de emisión por zona para plantas sin EIO

Planta	Zona	Fuente	Promedio mensual TEO (OU/s)	% TEO sobre el total	Tipo de vahos
PHA01	Producción	Enfriador	64.058,1	63,8%	Frio
		Caldera	26.907,1	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	9.462,8	9,4%	Frio
PHA03	Producción	Enfriador	133.131,1	63,8%	Frio
		Caldera	55.920,0	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	19.666,2	9,4%	Frio
PHA05	Producción	Enfriador	53.900,6	63,8%	Frio
		Caldera	22.640,3	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	7.962,0	9,4%	Frio
PHA08	Producción	Enfriador	87.107,0	63,8%	Frio
		Caldera	36.588,4	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	12.867,4	9,4%	Frio
PHA10	Producción	Enfriador	23.650,0	63,8%	Frio
		Caldera	9.933,8	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	3.493,8	9,4%	Frio
PHA11	Producción	Enfriador	51.268,1	63,8%	Frio
		Caldera	21.534,1	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	7.573,4	9,4%	Frio
PHA12	Producción	Enfriador	67.524,7	63,8%	Frio
		Caldera	28.362,9	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	9.974,4	9,4%	Frio
PHA14	Producción	Enfriador	568,2	63,7%	Frio
		Caldera	239,0	26,8%	Caliente

	Recepción de materia prima	Pozo	84,1	9,4%	Frio
PHA15	Producción	Enfriador	185,1	63,7%	Frio
		Caldera	78,1	26,9%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	27,5	9,5%	Frio
PHA16	Producción	Enfriador	20,8	63,8%	Frio
		Caldera	8,7	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	3,1	9,4%	Frio
PHA19	Producción	Enfriador	245.821,3	63,8%	Frio
		Caldera	103.253,9	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	36.312,8	9,4%	Frio
PHA22	Producción	Enfriador	21,5	64,0%	Frio
		Caldera	9,1	27,0%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	3,0	8,9%	Frio
PHA24	Producción	Enfriador	1.093,2	63,8%	Frio
		Caldera	459,6	26,8%	Caliente
	Recepción de materia prima	Pozo	161,6	9,4%	Frio

Fuente: Elaboración propia.

La mayor tasa de emisión odorante promedio mensual en OU_E/s , para las plantas de harina y aceite de pescado sin EIO, corresponde a la zona de producción. Las fuentes que presentan la mayor TEO son el enfriador (emisión de vahos fríos) y caldera (emisión de vahos calientes), con un 90,6% de tasa de emisión de olor conjunta.

6.5 Principales hallazgos de los resultados de la modelación

De los resultados de la revisión de las tasas de emisión, se pudieron determinar las zonas que poseen las mayores tasas de emisión odorante por planta, en términos de promedios mensuales. La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 6-62. Resumen zonas y fuentes con la mayor tasa de emisión odorante, por planta

Zona	Fuente de mayor TEO (OU _E /s)	Tipo de Vahos	N° de plantas	% de las plantas
Recepción de Materia Prima	Pozo de recepción	Frío	2	8%
Producción	Lavador de gases	Frío	2	8%
	Cocedor y caldera	Caliente	1	4%
	Enfriador	Frío	16	67%
	Lucarna	Frío	1	4%
Almacenamiento	Celosía Galpón harina	Frío	1	4%
Total			24	100%

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla anterior, se puede inferir que la zona con mayores tasas de emisión odorante corresponde a la zona de producción (para el 83% de las plantas). En 2 plantas, la zona con mayor TEO corresponde a la zona de recepción de materia prima, y solo en 1 caso, la zona corresponde a almacenamiento.

Con respecto al tipo de vahos en la zona de producción, sólo una planta tiene como mayor fuente de TEO una fuente con emisión de vahos calientes. Esto probablemente se deba a que los vahos calientes, provenientes de las calderas y cocedores, son aquellos que cuentan con potencial de aprovechamiento energético, por lo cual es de interés su correcta captación y uso. No así los vahos fríos, que no tienen un valor, adicionalmente hay más fuentes de vahos fríos.

Es importante considerar los resultados obtenidos en este análisis, ya que serán un insumo directo para la determinación de los escenarios de cumplimiento normativo (ver Sección 7.3).

Se destaca que, para las plantas que no tienen EIO el comportamiento de emisión es el mismo, ya que se realiza una homologación en la emisión con aquellas que sí tienen EIO. Además, para estas plantas, al no contar con información acerca de las fuentes de emisión, se establecen tres fuentes principales: enfriador, caldera y pozo.

7. Cumplimiento normativo

La generación de antecedentes del presente estudio cumple la función de generar información para apoyar en el diseño de una normativa apropiada para el sector productivo, que responda a las características específicas de operación del sector, en particular considerando las diferencias en la emisión de olor. Debido a la incertidumbre y desconocimiento que rodea el sector productivo de procesamiento de recursos hidrobiológicos, la modelación realizada presenta resultados limitados según la calidad y cantidad de información utilizada como input (como se plantea en la Sección 6.5). Con la información recopilada se realiza un análisis de la emisión de olores, la cual depende fuertemente de la tasa de emisión de olor, y esta, a su vez, responde al procesamiento de materia prima.

Se contó con la información de diferentes Estudios de Impacto Odorante para poder deducir la relación entre procesamiento de materia prima y emisión de olor, sin embargo, no se cuenta con detalles de la materia prima tales como frescura, tipo, tasa horaria de operación en el tiempo y relación de esta con el momento evaluado en cada EIO. Debido a esto no se cuenta con información para poder analizar a nivel horario el comportamiento de la emisión de olor. Esto no permite la consideración de temáticas de alto impacto sobre el olor tales como frescura de la materia prima y nivel de carga de la planta a lo largo del año. Por este motivo se considera que no es posible establecer una normativa en base a concentración en el receptor.

Al analizar los resultados de la modelación de las PHAs (considerando además que todas fueron modeladas) se puede ver una fuerte correlación entre el impacto en el receptor y la existencia de tecnología para la reducción de olores en las fuentes (ver Anexo 3, de análisis, disponible en la Sección 14). Es por este motivo que se establece que una normativa con el enfoque de estandarización tecnológica permitirá la reducción de los olores y su impacto en los receptores, y permitirá además un correcto seguimiento y fiscalización de la normativa.

7.1 Propuesta regulatoria preliminar para el sector

A continuación, se presentan los principales componentes de la propuesta regulatoria preliminar generada por la contraparte técnica en su versión del 7 de septiembre 2021.

La principal medida a imponer es la reducción de emisión de olores en el proceso, incorporando una tecnología con una eficiencia de reducción específica a exigir.

Para el cumplimiento del requerimiento de reducción se deberá reportar la TEO de la planta y un reporte posterior para comparar las TEO y verificar la reducción alcanzada. Aquellas fuentes emisoras que ya cuentan con tecnologías de abatimiento de olor cuya eficiencia es igual o superior a lo requerido, deberán comprobar anualmente esa eficiencia a través de una medición de olor, en la entrada y la salida del ducto.

Adicionalmente, se propone que los titulares deberán monitorear de manera continua gases trazadores tales como Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), Trimetilamina (TMA), Amoníaco (NH₃) y

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) con autorización de acceso en línea de la Superintendencia del Medio Ambiente en equipos específicos por determinar. Esta medida se encuentra en análisis para la determinación de su factibilidad.

Se propone además un sistema completo de captación y tratamiento de todos sus gases provenientes de todos los procesos de producción de harina y aceite de pescado.

Se finaliza la propuesta con una serie de requerimientos operacionales basados en los siguientes factores:

- Control de frescura
- Registro de Limpieza
- Chequeo de Hermeticidad
- Plan de Contingencia

7.2 Titulares afectados a la normativa

Tal como se presenta en la Sección 7.1 la propuesta regulatoria preliminar (7 de septiembre de 2021) que exige la reducción de olores mediante la incorporación de una tecnología de abatimiento de olor será aplicada a aquellas plantas que no posean algún tipo de tratamiento de vahos, o que solo dispongan de lavadores de gases de tratamiento físico con agua de mar o agua dulce. A continuación, se presenta la Tabla 7-1 con el resumen de las tecnologías de abatimiento actuales por zona a nivel nacional.

Tabla 7-1. Resumen de tecnologías a nivel nacional por PHA

Zona	LavGases AD	LavGases AM	LavGases Q1	LavGases Q2	LavGases UV-O3	RTO	Sin tratamiento
Arica	-	-	-	-	1	-	-
Tarapacá	-	2	-	-	-	1	-
Antofagasta	-	1	-	-	-	-	-
Atacama	-	-	-	-	-	-	1
Coquimbo	-	1	-	-	-	-	-
Valparaíso	-	1	-	-	-	-	-
Biobío	-	5	1	2	2	-	-
Los Lagos	2	-	-	1	-	-	-
Los Ríos	-	-	1	-	-	-	-
Aysén	-	1	-	-	-	-	-
Magallanes	1	-	-	-	-	-	-
Total	3	11	2	3	3	1	1

Nota: LavGases AM=Lavadores de gases con agua de mar; LavGases AD=Lavador de gases con agua dulce; LavGases Q1=Lavador de gases químico de una etapa; LavGases Q2=Lavador de gases químico de dos etapas; LavGases UV-O3=Lavador de gases con UV-Ozono; RTO=Oxidación térmica regenerativa.

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la Tabla 7-1 se pueden identificar las plantas que poseen cierta tecnología. Solo existe 1 planta que no posee ningún tipo de tecnología para el abatimiento de olor, ubicada en el dominio de Atacama, comuna de Caldera. Por otro lado, son en total 14 plantas que solo

poseen tratamientos físicos con lavadores de gas de agua dulce o agua de mar. En particular, son 3 plantas las que poseen lavadores de gas con agua dulce, todas ubicadas en la zona sur (dominio Los Lagos, Aysén y Magallanes), y 11 plantas poseen lavadores de gas con agua de mar, distribuidas entre los dominios de Atacama a Los Lagos, con mayor concentración en el dominio Biobío. Por lo tanto, las 15 plantas mencionadas anteriormente deberán implementar una tecnología para el tratamiento de olores para dar cumplimiento a la normativa.

En contraste, existen 9 plantas con tecnologías de olor más avanzadas, como tratamientos fisicoquímicos de una o dos etapas, tratamiento de oxidación térmica regenerativa (RTO), o equipos de tratamiento UV-Ozono. En el dominio Biobío se encuentran 4 plantas que poseen alguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. En términos normativos, estas 9 plantas quedan fuera de la obligación de implementar una nueva tecnología para el tratamiento de olor, siempre y cuando cumplan con el rango de eficiencia de reducción que finalmente se establezca en la normativa.

A modo de resumen, la tabla a continuación presenta las plantas afectas a la normativa que deberán implementar una nueva tecnología para el abatimiento de olores.

Tabla 7-2. Identificación de PHA que deberán implementar o mejorar tecnología actual para cumplimiento de exigencia normativa

Dominio	Comuna	Planta	Mejor tecnología actual	Total plantas por comuna
Tarapacá	Iquique	PHA011	LavGases AM	2
		PHA07	LavGases AM	
Antofagasta	Mejillones	PHA08	LavGases AM	1
Atacama	Caldera	PHA05	Sin tratamiento	1
Coquimbo	Coquimbo	PHA20	LavGases AM	1
Valparaíso	San Antonio	PHA24	LavGases AM	1
Biobío	Coronel	PHA01	LavGases AM	3
	Coronel	PHA06	LavGases AM	
	Coronel	PHA17	LavGases AM	
	Lota	PHA18	LavGases AM	2
	Lota	PHA19	LavGases AM	
Los Lagos	Calbuco	PHA16	LavGases AD	1
	Puerto Montt	PHA22	LavGases AD	1
Aysén	Aysén	PHA14	LavGases AM	1
Magallanes	Porvenir	PHA12	LavGases AD	1
Total general				15

Nota: LavGases AM=Lavadores de gases con agua de mar; LavGases AD=Lavador de gases con agua dulce

Fuente: Elaboración Propia.

Se destaca que en el dominio de Biobío se encuentra la mayor cantidad de plantas que requieren implementar nuevas tecnologías, donde la comuna de Coronel posee la mayor

cantidad de plantas. De igual manera, en los dominios de Tarapacá y Los Lagos, se cuenta con 2 plantas que deberán incorporar tecnologías de tratamiento de olor a sus procesos.

A continuación, se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de los escenarios de reducción de olor para que las plantas afectas puedan dar cumplimiento a la normativa presentada en la Sección 7.1.

7.3 Consideraciones técnicas para la aplicabilidad de medidas de reducción de olores

Como se presenta en la Sección 5.5, el resultado del análisis de medidas de reducción de olores, considerando la información disponible y la veracidad de dicha información, se analizará la implementación de las siguientes tecnologías:

- Luz UV/Ozono
- RTO (incineración)
- Biotrickling

Para poder realizar un análisis de aplicabilidad de las medidas a las plantas de harina y aceite de pescado específicas, la Tabla 7-3 presenta las recomendaciones técnicas de cada medida para su correcta implementación.

Tabla 7-3. Consideraciones técnicas de las tecnologías de abatimiento seleccionadas

Tecnología	Eficiencia	Temperatura del gas (°C)	Flujo volumétrico (m ³ /h) ¹	Tipo de vahos
Luz UV/Ozono	95%	Preferentemente menor a 60°C	Hasta 60.000	Caliente y/o fríos
RTO	81,6%	Preferentemente altas temperaturas	Hasta 250.000	Caliente y/o fríos
Biotrickling	96,5%	Bajas temperaturas (hasta 40°C)	Hasta 500.000	Fríos

¹Estos datos se obtuvieron de la revisión bibliográfica (ver Sección 5)

Fuente: Elaboración propia a partir de las secciones 5.1 y 5.2.

Se considera que el equipo de tratamiento UV/Ozono es útil como tratamiento secundario, posterior a tecnologías como condensador o lavador de gas físico. Además, es posible que vahos fríos y calientes se unan para ser tratados en esta tecnología. Es importante destacar que existen antecedentes del funcionamiento de esta tecnología a nivel nacional. En cuanto al equipo RTO, se debe mencionar que es conveniente para vahos calientes, como un tratamiento secundario, para eliminar componentes odorantes que no habían sido eliminados previamente. Para el RTO existe una experiencia como antecedente nacional. De lo levantado en literatura se obtuvo que un sistema de biotrickling funciona bien para flujos bajos y medios. Sin embargo, a diferencia de las otras dos tecnologías anteriores, no existe ningún equipo de biotrickling a nivel nacional para tener antecedentes sobre este.

Para la consideración del flujo volumétrico se debe estimar el flujo volumétrico de vahos a generar para cada planta. De las entrevistas tanto con titulares como proveedores de tecnología (ver Sección 3.1) se indica que el flujo volumétrico dependerá del procesamiento de materia prima, sin embargo, si se busca una estimación para la instalación de tecnologías de reducción de olores se debe diseñar para la capacidad instalada de la planta. Según opinión experta de titulares y proveedores se toma el supuesto de generación de 50.000 m³ para una PHA de 100 ton/h de capacidad, lo cual lleva a un flujo de 500 m³ de vahos por hora por cada tonelada de materia prima procesada¹⁷. Con este supuesto se estima el flujo de vahos a generar para cada PHA identificada. La Tabla 7-4 presenta el análisis de aplicabilidad de medidas para cada planta, considerando el flujo de vahos, la temperatura de dichos vahos y cualquier consideración adicional (ver Sección 5.5).

¹⁷ Fuente MP03 y MRT18

Tabla 7-4 Análisis de aplicabilidad de medidas para cada planta

Planta	Capacidad máxima (ton /hr)	Flujo teórico de vahos (m3/h)	Tratamiento actual de vahos	Aplicabilidad de medidas			
				Luz UV/Ozono	RTO	Biotrickling	
PHA-01	50	25.000	LavGases AM	Aplicable	Aplicable	No aplicable (agua de mar)	
PHA-02	42	20.833	LavGases Q1	Ya cuenta con tecnología			
PHA-03	46	22.917	LavGases Q2				
PHA-04	83	41.667	LavGases Q2				
PHA-05	42	20.833	No	Aplicable	Aplicable	Aplicable	
PHA-06	130	65.000	LavGases AM	No aplicable Flujo sobre 60.000		No aplicable (agua de mar)	
PHA-07	83	41.667	LavGases AM	Aplicable			
PHA-08	100	50.000	LavGases AM	Ya cuenta con tecnología			
PHA-09	170	85.000	LavGases UV-O3				
PHA-10	190	95.000	RTO				
PHA-11	150	75.000	LavGases AM	No aplicable Flujo sobre 60.000	Aplicable	No aplicable (agua de mar)	
PHA-12	6	3.125	LavGases AD	Aplicable		Aplicable	
PHA-13	40	20.000	LavGases UV-O3	Ya cuenta con tecnología			
PHA-14	15	7.500	LavGases AM	Aplicable	Aplicable	No aplicable (agua de mar)	
PHA-15	15	7.500	LavGases Q2	Ya cuenta con tecnología			
PHA-16	15	7.500	LavGases AD	Aplicable			Aplicable
PHA-17	50	25.000	LavGases AM				
PHA-18	90	45.000	LavGases AM				
PHA-19	80	40.000	LavGases AM				
PHA-20	40	20.000	LavGases AM				
PHA-21	85	42.500	LavGases Q1	Ya cuenta con tecnología			
PHA-22	60	30.000	LavGases AD	Aplicable	Aplicable	Aplicable	
PHA-23	120	60.000	LavGases UV-O3	Ya cuenta con tecnología			
PHA-24	28	14.000	LavGases AM	Aplicable	Aplicable	No aplicable (agua de mar)	

Fuente: Elaboración propia

7.3.1 Análisis de costo efectividad

La propuesta regulatoria preliminar consiste en la exigencia de implementación de tecnología de reducción de olores para aquellas PHAs que actualmente no cuentan con tecnología mayor a lavador de gases con agua dulce o de mar (ver Sección 7.1).

Debido a que esta propuesta regulatoria no establece una exigencia asociada a un porcentaje mínimo de reducción de olores, cualquier medida de reducción de olores permitirá dar cumplimiento a dicha exigencia. En particular las tres medidas a evaluar tienen altos porcentajes de reducción de olores, mayores a un 80% para todas.

Un análisis de costo efectividad busca determinar las alternativas que permitan dar cumplimiento a la normativa, al menor costo posible. Por lo cual, para este caso, la alternativa más costo-efectiva será la de menor costo. Así, los escenarios de cumplimiento a evaluar consistirán en escenarios de implementación de medidas de reducción de olores según su costo efectividad, quedando tres escenarios, ordenados según la medida más costo efectiva a la menos costo efectiva. La priorización será la siguiente:

1. Luz UV/Ozono
2. RTO
3. Biotrickling

Una vez que se establezca un porcentaje específico a exigir en la normativa de olores para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos, se deberá analizar primero cuáles medidas tecnológicas permiten cumplir con el porcentaje de reducción solicitado, para luego identificar cuáles permitirán dar cumplimiento a menor costo posible.

7.4 Escenarios de cumplimiento

Como establece la normativa los escenarios de cumplimiento serán definidos por la normativa a implementar por cada planta para dar cumplimiento a la normativa. Como la normativa aún no cuenta con un rango de eficiencia para la tecnología a implementar, se deberá analizar la factibilidad técnica de implementación de cada tecnología y, al contar con factibilidad para más de una tecnología se seleccionará la menos costosa, buscando cumplir la normativa al menor costo posible.

Según los resultados de la revisión de tecnología de reducción de olores (ver Sección 5), las opciones tecnológicas a evaluar para dar cumplimiento a la normativa son las presentadas en la Sección 7.3 y en dicha sección se analiza la aplicabilidad de cada medida según las características específicas de los vahos de cada planta.

Como la normativa está basada en la implementación de tecnología de reducción de olores, los escenarios de cumplimiento se basarán en la implementación de estas diferentes tecnologías, considerando la minimización de los costos y la factibilidad de implementación de cada planta.

Según las bases técnicas del presente estudio se establecerán tres escenarios, estos son los expuestos en la tabla a continuación.

Tabla 7-5 Escenarios de cumplimiento normativo

	Medida principal a implementar para la reducción de olores	
Escenario 1	Luz UV/Ozono	En el caso de que no se pueda implementar la medida prioritaria en una planta por consideraciones operacionales (ver Sección 7.3), se implementará la medida siguiente de menor costo que sea factible de implementar.
Escenario 2	Oxidación térmica regenerativa (RTO)	
Escenario 3	Biotrickling	

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los escenarios de cumplimiento de la Tabla 7-5 se corresponde con una tecnología de tratamiento de vahos distinta, con sus respectivas eficiencias de reducción de olor, 81,6% para el escenario 1, 96,5% para el escenario 2, y 95% para el escenario 3 (ver Sección 5.5). Las diferencias entre costos se deben principalmente a la capacidad de flujo de gas que una tecnología puede tratar.

La propuesta regulatoria preliminar generada por la contraparte técnica (7 de septiembre de 2021) establece que se debe limitar la emisión de olor para aquellas plantas que no cuenten con tecnologías con una eficiencia a definir.

En el desarrollo de este estudio se proponen tecnologías de abatimiento con eficiencias superiores al 70%. En la Sección 7.2 se determinaron aquellas plantas afectas a la normativa tecnológica propuesta, debido a que no cuentan con tecnologías eficientes de remoción de olor. A partir de esta información, se analizarán, en la Sección 8.1.3 los costos de cada escenario.

Tabla 7-6. Medidas a implementar para cada escenario normativo, según características específicas de emisión de olores de cada planta

Plantas	Zona con mayor TEO (OU _E /s)	Fuente(s) con mayor TEO (OU _E /s)	Tipo de vahos	Flujo promedio	Escenarios 1	Escenarios 2	Escenarios 3
PHA01	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	25.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA05	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	20.833	Luz UV/Ozono	RTO	Biotrickling
PHA06	Recepción de Materia Prima	Pozo de recepción	Frío	65.000	RTO	RTO	RTO
PHA07	Recepción de Materia Prima	Pozo de recepción	Frío	41.667	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA08	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	50.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA11	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	75.000	RTO	RTO	RTO
PHA12	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	3.125	Luz UV/Ozono	RTO	Biotrickling
PHA14	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	7.500	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA16	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	7.500	Luz UV/Ozono	RTO	Biotrickling
PHA17	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	25.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA18	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	45.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA19	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	40.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA20	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	20.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono
PHA22	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	30.000	Luz UV/Ozono	RTO	Biotrickling
PHA24	Producción	Enfriador y Caldera	Frío y Caliente	14.000	Luz UV/Ozono	RTO	Luz UV/Ozono

Nota: LavGases AM=Lavadores de gases con agua de mar; LavGases AD=Lavador de gases con agua dulce

Fuente: Elaboración Propia.

8. Análisis de costos

8.1 Costos para titulares afectados a la normativa

En este capítulo se aborda el análisis económico de costos que implicara una normativa de regulación de olores para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos. En particular, se realiza un análisis de los costos necesarios para la implementación de tecnologías de abatimiento de olor, así como costos asociados al control, seguimiento y fiscalización de las medidas asociadas a la mitigación de malos olores. En general, el análisis económico aborda los costos directos e indirectos para que una empresa afectada a la propuesta regulatoria cumpla la futura normativa, así como la identificación de potenciales cobeneficios asociados a la disminución del daño ambiental.

Los costos serán desagregados en costos iniciales de reportes, costos de implementación de tecnologías y técnicas de mitigación de olor, que incluyen inversión, implementación, operación y mantenimiento, así como costos de instrumentos para el seguimiento del cumplimiento de la norma. Estos costos pueden agruparse según el estado de implementación de medidas de mitigación de la siguiente manera:

1. Costo reporte inicial: Costos asociados a instrumentos de reporte para analizar el efecto de la normativa sobre cierta planta específica y cuál es la obligación que establece dicha normativa según las características de la planta.
2. Costo de implementación: Costo que deberá incurrir la planta para el cumplimiento de las obligaciones que establecen a partir de los reportes iniciales, como pueden ser los costos de implementación de tecnología, y/o estudios requeridos.
3. Costo de seguimiento o fiscalización: Costos asociados a instrumentos de seguimiento para fiscalización, los que se deberán generar periódicamente. Estos reportes pueden incluir o no análisis de muestras, mediciones o estudios adicionales para el análisis de las variables que puedan afectar las condiciones odorantes de una planta.

En el capítulo 5, sección 5.4, se presentaron los costos de las tecnologías levantadas a partir de la literatura y cotizaciones, así como otros costos incurridos para implementar las mejores técnicas disponibles (MTD) en materia de gestión de olor. Se abordaron tecnologías de tratamiento biológicas y fisicoquímicas, así como costos incurridos por técnicas de captación de vahos y hermeticidad de los procesos. Por último, se estableció en la sección 5.4.2.3, los valores de costos de inversión asociados a 3 tipos de tecnologías, sus eficiencias de reducción de olor y vida útil, con el propósito de realizar los escenarios de reducción de olor para las plantas afectadas a la normativa (ver Sección 7.2), y obtener el costo total de cumplimiento para plantas de la industria, que será desarrollado en las próximas secciones.

En la Sección 5.4.2.3 se presentaron y discutieron los costos obtenidos para tecnologías de tratamiento de gases y se presentaron los valores para utilizar en el análisis de costo. En este capítulo, en la Sección 8.1.2, se abordan los costos asociados a instrumentos de medición de olores que las empresas afectadas a la futura normativa deberán asumir y que permitan analizar

el impacto odorífero generado en receptores cercanos y las obligaciones que deberá cumplir la empresa para estar dentro de la regulación.

8.1.1 Costo de implementación de tecnologías y técnicas

La implementación de nuevos sistemas para la mitigación de olor considera costos directos significativos para la empresa, como cambios en la infraestructura y renovación de equipos o adquisición de nuevas tecnologías de mitigación de olor. En particular, en este capítulo no se abordan costos incurridos en buenas prácticas operacionales, como capacitaciones al personal, actividades diarias a una mejora operacional, y aspectos administrativos, que no están asociados a costos de implementación de tecnologías o técnicas de mitigación de olor. Por ejemplo, el nivel de frescura de la materia prima está determinado por la logística de recepción, así como las revisiones periódicas de los procesos para anticipar posibles eventos o fallas está determinada por un mejoramiento en las prácticas operacionales (ver Sección Anexo 12).

Del levantamiento de costos para tecnologías y técnicas realizada en la Sección 5, se determinaron algunos valores para utilizar en el análisis del presente capítulo. La información desagregada se encuentra en la subsección 5.5. Se ha indicado que para este análisis se incluyen 3 tecnologías obtenidas de cotizaciones oficiales, debido a que cuentan con documentos de respaldo y es lo más realista que se logró levantar.

El costo de implementación involucra tanto costos por equipo de tratamiento de gases odorantes, así como costos por la captación y conducción de vahos. Dado que solo se obtuvo una cotización para implementación de ductos de captación de vahos, se utilizará este valor como un estándar para cada escenario, a fin de obtener un costo de implementación final. La Tabla 8-1 expone a continuación los valores de implementación a ser utilizados para obtener los costos totales de cumplimiento y seguimiento para una planta tipo.

Tabla 8-1. Costos de implementación total de tecnología y captación

Tecnología	Inversión tecnología (UF)	Conducción y captación de vahos (UF)	Costos de operación (UF)	Costo total implementación (UF)
Luz UV/Ozono	5.218 - 10.105	3.416	- Reemplazo lámparas UV (c/ 3,5 años aprox.): 217 – 774 - Reemplazo de carbón catalizadores (c/ 5 años aprox.): 155 - 530	8.634 - 13.521 (no considera costos de operación)
Oxidación térmica regenerativa (RTO)	31.117	3.416	No se cuenta con costos de consumo de combustible	34.533
Biotrickling	32.798	\$3.416	No se cuenta con costos de consumo de agua.	36.214

Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Costos de instrumentos, reporte y seguimiento para la medición de olores

Los costos asociados a instrumentos de medición de olores son considerados como los costos iniciales para cualquier empresa afecta a la propuesta regulatoria preliminar (7 de septiembre de 2021). Dentro de las alternativas para la medición de olor se considera cualquier estudio que permita analizar el impacto odorífero generado y las obligaciones que deberá cumplir la empresa para estar dentro de la normativa. Se han levantado los siguientes tipos de instrumentos para medición de olores:

- Estudio de Eficiencia de Reducción de Olor (ERO)
- Estudios de Impacto Odorante (EIO)
- Monitoreo de Gases
- Muestreo en fuentes difusas, difusas activas y difusas pasivas
- Modelación de olores
- Olfatometría dinámica
- Plan de Gestión de Olores (PGO)

A continuación, se describe cada uno de los instrumentos levantados, así como los costos asociados para la aplicación de estos.

Estudios de Eficiencia de Reducción de Olor (ERO)

Los estudios para determinar la eficiencia de reducción de olor realizan muestreos antes de la entrada del vaho sin tratar y después de su tratamiento con algún equipo de abatimiento, con el objetivo es determinar la eficiencia real de un determinado equipo. Este tipo de estudio es relevante, debido a que la implementación de alguna tecnología de abatimiento de olores no determina una adecuada eficiencia de reducción, pues esta también depende de la mantención de los componentes y revisiones periódicas para maximizar su eficiencia.

Estudios de Impacto Odorante (EIO)

Corresponde a un estudio que permite conocer el efecto de las emisiones de olor en las cercanías de la empresa en cuestión. Este instrumento incluye monitoreo de gases, olfatometría dinámica, modelación de olores e impacto en receptores cuantificado por el nivel de concentración de olor. Además, en el estudio se pueden indicar recomendaciones para el mejoramiento de la emisión de olores, como la adquisición de equipos de abatimiento, o realización de un PGO integral.

Las definiciones anteriores de los instrumentos de medición de olor se han levantado a partir de la Guía para la Predicción y Evaluación de Impacto por el Olor en el SEIA (2017). Los costos asociados a los diferentes tipos de instrumentos de medición de olores fueron levantados a partir de estudios anteriores, en particular del estudio realizado por DICTUC sobre antecedentes del sector porcino (2019), Estudio de antecedentes para la regulación de olores de Aqualogy (2014), así como cotizaciones realizadas directamente a laboratorios nacionales. Los costos se presentan a continuación en la Tabla 8-2.

Monitoreo de Gases

El monitoreo de gases permite determinar el nivel de concentración proveniente de una o varias fuentes de olor y registrar niveles de gases odorantes en puntos predefinidos. Este tipo de monitoreo se puede realizar a partir de diferentes tipos de muestreos.

Muestreo en fuentes difusas, difusas activas y difusas pasivas

El muestreo de gases en fuentes corresponde a la captura de gas odorante y determinación de la concentración de olor en unidades de olor (OU/m³) mediante técnicas sensoriales. El muestreo puede realizarse para fuentes puntuales o fuentes fugitivas (por ejemplo, celosías, fugas de ductos). Estas mediciones pueden realizarse para fuentes difusas (fuente definida, generalmente superficiales, sin un flujo de gas definido), fuentes difusas activas (fuentes con aireación forzada), y fuentes difusas pasivas (fuentes sin aireación forzada). Existen normas específicas para regular la realización de muestreo de gases.

Modelación de olores

Corresponden a modelos cuantitativos que permiten una predicción de la concentración de olor a una cierta distancia desde el punto de emisión. Estos modelos pueden ser simples que incluyen la medición de la concentración según la distancia, a partir de factores de emisión, o modelos complejos que integran tasas de emisión, y variables meteorológicas de la zona de interés. Los modelos complejos permiten determinar la concentración de olor en diferentes receptores e incluir el uso de modelos matemáticos de dispersión atmosférica.

Olfatometría dinámica

Este tipo de instrumento es una forma estándar de medir la concentración de olor mediante el olfato humano, conocida técnica sensorial. Las muestras del gas odorantes se capturan en una bolsa especial para su función, para luego ser evaluadas por un equipo de laboratorio mediante el olfato.

Plan de Gestión de Olores (PGO)

Un Plan de Gestión de Olores se basa en lo establecido en la “Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA” (Servicio de Evaluación Ambiental, 2017), y se elabora a partir de los siguientes tópicos:

1. Recopilación de herramientas, como un marco de acción y recomendaciones previas.
2. Evaluación detallada de todas las operaciones al interior de la planta, identificando aquellas potenciales generadoras de olor.
3. Diseño y ejecución de planes de control y mitigación de emisiones
4. Control y análisis permanente sobre variables de operación de todo el equipamiento
5. Presentación de planes de contingencia para la toma de decisiones frente a eventos fortuitos
6. Realización de la evaluación periódica de olor por parte de las empresas

Tabla 8-2. Costos reportados de instrumentos de medición

Tipo de instrumento	Descripción	Costo (UF)
Reporte	PGO + Factores de emisión	125,21
	PGO + Toma de muestra	292,15
	PGO + Toma de muestra + Equipo de abatimiento pequeño ^a	2.378,91

	PGO + Toma de muestra + Equipo de abatimiento mediano ^a	10.433,79	
	PGO + Toma de muestra + Equipo de abatimiento grande ^a	25.041,11	
	Monitoreo de Gases	166,94	
	PGO	53,55	
	PGO simple para presentación en DIA	72 - 127	
	EIO. Incluye mediciones, modelación y plan de monitoreo ^b	310	
Modelación	Modelación con meteorología	1 escenario, hasta para 5 fuentes de olor	166,6
		2 escenarios, hasta para 5 fuentes de olor	184,45
		1 escenario, hasta para 10 fuentes de olor	214,2
		2 escenarios, hasta para 10 fuentes de olor	232,05
		1 escenario, hasta para 15 fuentes de olor	261,8
		2 escenarios, hasta para 15 fuentes de olor	279,65
		Realización con datos de emisión proporcionados por el cliente	113,05
	Modelación según SEIA	Modelación según guía SEIA	80-150
		Archivo WRF	50
	Modelación escenario c/meteorología	Incluye modelo de dispersión	> 160
		20 Fuentes, 3 modelos	94 + 46
		Costo adicional por modelo de dispersión	> 150 + > 85
	Modelación escenario s/meteorología	Incluye modelo de dispersión	> 100
		20 Fuentes, 3 modelos	54 + 46
	El costo adicional es por el modelo de dispersión	> 90 + > 85	
Muestreo	Olfatometría dinámica	Monitoreo continuo de olores con un panelista ^c	69,3 - 72,8
		Monitoreo de olores continuos con 3 panelistas ^c	107,8 - 121,8
	Muestreo y olfatometría dinámica	Hasta 4 fuentes	16 - 20 por fuente
		Hasta 10 fuentes	10 - 13 por fuente
		Más de 10 fuentes	8 - 10 por fuente
		Panel en terreno	9 - 12 por día
	Muestreo Difusa pasiva		> 20
			> 4.1
			3-8
	Muestreo Difusa activa		> 25
			> 4.5
			3-8
	Muestreo fuente puntual		> 25
			> 5
		3-8	
Análisis muestra costo unitario		20-30	
		1.6 a 2	
		4	
Análisis muestra costo unitario laboratorio móvil		1.6 a 2 + gastos	
Costo selección panelista ^c		8	
		1	
		> 3	

^a Los equipos de abatimiento refieren al tamaño del caudal.

^b Caso particular de cotización plantel de cerdos (DICTUC, 2019).

^c Para turnos de 8 horas diarias, que son móviles, para 7 días de monitoreo propuesto. Se considera tiempo de medición, traslado y elaboración de reportes.

Para aquellos valores que indicaban "más IVA", se calculó el valor final.

En aquellos instrumentos que existe más de un valor, estos responden a diferentes cotizaciones que se obtuvieron.

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones, (DICTUC, 2019) y (Aqualogy, 2014).

Los costos presentados se han dividido según el instrumento de medición. En particular, se evidenciaron costos para reportes de olor, modelación y muestreos. Los costos para la realización de reportes de olor varían entre 50 a 150 UF aproximadamente. De este grupo, no serán considerados aquellos con valores sobre las 1000 UF (3 datos) debido a que incluyen muestreos, y equipos de abatimiento, sin realizar una definición precisa de que representa cada uno de estos. Sin embargo, estos fueron igualmente expuestos con el fin de considerar todos los costos levantados de estudios anteriores, pese a la incertidumbre o factibilidad de estos. No se han reportado costos de Estudios de eficiencia de remoción de olor, pero debido a que corresponde a un trabajo específico, es posible inferir que sus costos son menores a una EIO.

Para los instrumentos de modelación, los costos oscilan entre 100 y 200 UF aproximadamente, según la cantidad de escenarios de modelación (por ejemplo, escenario actual versus escenario con un equipo de abatimiento), la cantidad de fuentes a modelar, y la inclusión de variables meteorológicas y dispersión atmosférica. Si bien no es posible concluir sobre economías de escala, debido a los pocos datos obtenidos, si se reconoce que, por ejemplo, a mayor cantidad de fuentes modeladas el precio no aumenta linealmente (modelar 5 fuentes de olor para un escenario cuesta 166,6 UF, mientras que para 15 fuentes de olor el valor alcanza los 262 UF).

En término de muestreo de olores, los más económicos corresponden a muestreos de olor a partir de fuentes con valores de 2 a 20 UF, según el tipo de fuente y cantidad de ellas. Los muestreos por olfatometría dinámica, que incluyen panel de especialistas y equipo de laboratorio, aumentan los costos según la cantidad de fuentes y número de muestreos a realizar. Para los muestreos de laboratorio, se debe tener especial consideración sobre la duración de la campaña de medición y la ubicación geográfica del proyecto, ya que estos valores son solo referenciales, y pueden que varían de una zona geográfica a otra.

De manera general, los instrumentos de medición levantados son necesarios para realizar los reportes y seguimientos para el cumplimiento de las regulaciones de olores para el sector industrial de estudio. Según el proceso de fiscalización de una planta, así como de los antecedentes y datos en materia de gestión de olores, se deberán realizar distintos reportes para llevar a cabo el seguimiento de la regulación de olores. A partir del estudio realizado por DICTUC (2019), que levantó antecedentes técnicos para la propuesta regulatoria del sector porcino, se reconoce que existen 3 tipos de reportes, los que son reportes de inicio, reportes de cumplimiento y reportes de seguimiento para la gestión de olores. Los contenidos mínimos y la información requerida según el tipo de reporte se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8-3. Información requerida por reporte de inicio, cumplimiento y/o seguimiento

Tipo de reporte	Función y posibles instrumentos para utilizar
Reporte de Inicio	<p>Este reporte cumple la función de analizar la implicancia que presenta la normativa para el titular en cuestión. Es decir que se evalúa cualquier obligación que establezca la regulación para un titular y la magnitud de dicha obligación. Por este motivo el reporte debe incluir, por lo menos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Catastro de unidades afectas ➤ Caracterización de unidades (materia prima procesada anualmente, tipo de tecnologías, etc.) ➤ Justificación de obligaciones regulatorias ➤ Identificación de receptores cercanos <p>Este reporte deberá ser elaborado por todos los titulares de la industria regulada.</p>
Reporte de Cumplimiento	<p>Este reporte cumple la función de demostrar el cumplimiento de todas las obligaciones establecidas por la regulación de olores. Por este motivo debe incluir evidencia cualitativa y cuantitativa, dependiendo de lo que finalmente se establezca en la normativa, algunos ejemplos de evidencia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro fotográfico de unidades fiscalizables antes y después de implementación de medidas ➤ Facturas y órdenes de compra de equipo de reducción de olores ➤ Plan de implementación de medidas ➤ Reportes o informes de instalación y/o operación ➤ Resultados de estudios de impacto odorante <p>Para esto se puede requerir de los siguientes instrumentos regulatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reportes: EIO, monitoreo de gases, PGO ➤ Modelación: con diferentes niveles de complejidad y profundidad ➤ Muestreo: con diferentes niveles de complejidad y profundidad <p>Este reporte deberá ser elaborado sólo para aquellos titulares para los cuales se haya establecido la existencia de obligaciones a partir de la regulación (a partir de la entrega y aprobación del reporte de inicio por parte de la autoridad ambiental)</p>
Reporte de Seguimiento	<p>Este reporte cumple la función de demostrar el cumplimiento de todas las obligaciones establecidas por la regulación de olores en el tiempo. Por este motivo debe incluir evidencia cualitativa y cuantitativa, dependiendo de lo que finalmente se establezca en la normativa, algunos ejemplos de evidencia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro fotográfico de unidades fiscalizables con las medidas implementadas ➤ Facturas y órdenes de compra de equipo de reducción de olores o de adquisición de insumos de operación ➤ Reportes o informes de instalación y/o operación ➤ Resultados de estudios de impacto odorante <p>Para esto se puede requerir de los siguientes instrumentos regulatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reportes: EIO, monitoreo de gases, PGO ➤ Modelación: con diferentes niveles de complejidad y profundidad ➤ Muestreo: con diferentes niveles de complejidad y profundidad <p>Este reporte deberá ser elaborado sólo para aquellos titulares para los cuales se haya establecido la existencia de obligaciones a partir de la regulación (a partir de la entrega y aprobación del reporte de cumplimiento por parte de la autoridad ambiental)</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio anterior “Antecedentes para la elaboración de análisis Económico de la norma de emisión de olores para el sector porcino” (DICTUC, 2019).

A partir de lo expuesto anteriormente, se debe destacar que existen algunos instrumentos que se repiten según el estado de avance de los reportes, pese a no ser necesario que se realicen todos estos, corresponde incluirlos en los reportes para ver todas las opciones posibles. Si bien a lo largo de las secciones anteriores se abordaron costos referenciales obtenidos de diversas fuentes, estos no pueden determinarse de manera precisa.

Se debe considerar que los rangos presentados en la sección anterior (ver Sección 8.1.2) son solo representativos, y no se incluyen costos de traslado o complejidad de estudio debido a la zona geográfica donde la planta se encuentra. Asimismo, los valores de muestreos varían en función de la cantidad de fuentes de olor que existan, así como de la cantidad de especialistas necesarios para realizar los experimentos.

8.1.3 Costo de cumplimiento

Considerando todo lo presentado en las subsecciones anteriores a continuación se analiza el rango de costos en los que deberán incurrir las PHA para dar cumplimiento a la normativa. La tabla a continuación presenta un resumen de los costos simulados.

Tabla 8-4. Costos para el cumplimiento de la normativa

Ítem	Detalle	Costo de alternativas y consideraciones	Costo Unitario (UF)	Frecuencia	Costo total (UF)
Inicio	Reporte de inicio <ul style="list-style-type: none"> • PHA afecta a la normativa (cuenta sólo con lavador de gases simple para control de olores) • Información general (procesamiento de materia prima, proceso y tecnología de reducción de olores) • Identificación de receptores cercanos • Plan de implementación de tecnología 	Plan de Gestión de Olores (PGO) (se considera como costo mínimo, no como generación de PGO necesariamente, si no generación de documento con contenidos presentados en la columna detalles)	54	1 vez al comienzo de la vigencia de la normativa	54
	Reporte de cumplimiento <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia cualitativa y cuantitativa de la implementación de la tecnología de reducción de olores • Plan de operación • Plan de mejora de captación y conducción de vahos • Plan de seguimiento y fiscalización 	Plan de Gestión de Olores (PGO)	54	1 vez al comienzo de la vigencia de la normativa (el plazo específico se establecerá en dicha normativa)	<u>Cumplimiento con Medida 1:</u> 8.788 – 13.705
Cumplimiento	Cálculo de TEO de la planta previa a la instalación de la medida de reducción de olores	Muestreo y olfatometría dinámica hasta 10 fuentes: 10 – 13 UF por fuente (no se cuenta con costos para Estudio de Remoción de Olores)	100 – 130 (10 fuentes)		<u>Cumplimiento con Medida 2:</u> 34.687 – 34.717
	Implementación de tecnología de reducción de olores	<u>Medida 1:</u> Equipo de lavador de gases con UV-Ozono. 5.218 - 10.105 UF	5.218 – 10.105		<u>Cumplimiento con Medida 3:</u> 36.368 – 36.398
		<u>Medida 2:</u> Oxidación térmica regenerativa (RTO). 31.117 UF	31.117		

		<u>Medida 3:</u> Biotrickling. 32.798 UF	32.798		
	Mejora a sistema de captación y conducción de vahos	Considera 130 metros de ductos en total, 1 ventilador y un 1 motor de extracción	3.416		
Seguimiento	Reporte de seguimiento <ul style="list-style-type: none"> Evidencia cualitativa y cuantitativa del correcto funcionamiento de la tecnología de reducción de olores 	Muestreo y olfatometría dinámica 10 – 13 UF por fuente (no se cuenta con costos para Estudio de Remoción de Olores)	100 – 130 (10 fuentes)	Anualmente, comenzando desde el año 1, una vez que entre en vigor la normativa	<u>Seguimiento con Medida 1:</u>
	Cálculo de TEO de la planta posterior a la instalación de la medida de reducción de olores	Muestreo y olfatometría dinámica hasta 10 fuentes: 10 – 13 UF por fuente	100 – 130 (10 fuentes)		481 - 754
	Monitoreo de gases / Estudio de Eficiencia de Remoción de Olores (ERO)	Monitoreo de Gases: 167 UF	167		<u>Seguimiento con Medida 2:</u>
	Costos de operación de medidas	<u>Medida 1:</u> Equipo de lavador de gases con UV-Ozono. Considera reemplazo de luces UV y reemplazo de catalizadores de carbón	114 – 327 (Costos anualizados)		367 - 427
<u>Medida 2:</u> Oxidación térmica regenerativa (RTO).		No se cuenta con costos de consumo de combustible	367 - 427		
<u>Medida 3:</u> Biotrickling.		No se cuenta con costos de consumo de agua.			

Nota: No se cuenta con costos adicionales de uso de energía eléctrica para la operación de las medidas

Fuente: Elaboración propi

Los costos presentados en la tabla anterior corresponden a costos de reporte de inicio, costos de cumplimiento normativo, y costos para el seguimiento del cumplimiento de las exigencias una vez que entre en vigor la normativa. Las plantas de harina y aceite de pescado deberán incurrir en costos totales diferenciados según sus características específicas. De manera general, todas las plantas deberán incurrir en el costo de inicio solo una vez, al comienzo de la entrada en vigor de la normativa para el sector.

Se ha presentado en la sección 7.2 las plantas afectas a la normativa tecnológica (aquellas que no posean tratamientos fisicoquímicos), por lo que estas plantas (15 PHA en total) deberán incluir dentro de sus costos de cumplimiento la adquisición e implementación de alguna de las tecnologías de tratamiento de vahos recomendadas en este estudio. Las plantas deberán incurrir en el costo de adquisición de un equipo de abatimiento solo una vez, cuando, y los años siguientes deberán incluir los costos operacionales de estos equipos para el seguimiento del cumplimiento normativo.

Para las plantas que ya posean una tecnología de procesos fisicoquímicos para el tratamiento de vahos odorantes, tales como lavadores de gases químicos, equipos de UV/Ozono, o RTO, deberán costear los reportes de seguimiento y monitoreo una vez al año, para dar evidencia del cumplimiento de la exigencia normativa, que establecerá una reducción de olores en términos porcentuales. Este porcentaje de reducción de olores será definido próximamente, antes de la puesta en marcha de la normativa asociada al sector.

A continuación, se presenta la Tabla 8-5 que incluye los costos totales para el cumplimiento normativo detallada para cada planta, según el tipo de tecnología actual que poseen. Se establecieron 3 escenarios diferentes para el cumplimiento normativo, cada uno asociado a una tecnología diferente. Las tecnologías por utilizar fueron establecidas en el capítulo 5, Sección 5.5. Los costos presentados a continuación son realizados a partir de la aplicabilidad de las tecnologías para cada planta, presentadas en la Sección 7.3 de escenarios de cumplimiento.

Tabla 8-5. Rango de costos para el año 1 de la normativa para cada planta, según escenario (considera la suma del costo de inicio y de cumplimiento)

Planta	Tratamiento vahos	Escenario 1 (UF)	Escenario 2 (UF)	Escenario 3 (UF)
PHA-01	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-02	LavGases Q1	53,55	53,55	53,55
PHA-03	LavGases Q2	53,55	53,55	53,55
PHA-04	LavGases Q2	53,55	53,55	53,55
PHA-05	No	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	36.421 – 36.451
PHA-06	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-07	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-08	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-09	LavGases UV-O3	53,55	53,55	53,55
PHA-10	RTO	53,55	53,55	53,55
PHA-11	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-12	LavGases AD	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	36.421 – 36.451
PHA-13	LavGases UV-O3	53,55	53,55	53,55
PHA-14	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-15	LavGases Q2	53,55	53,55	53,55
PHA-16	LavGases AD	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	36.421 – 36.451
PHA-17	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-18	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-19	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-20	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758
PHA-21	LavGases Q1	53,55	53,55	53,55
PHA-22	LavGases AD	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	36.421 – 36.451
PHA-23	LavGases UV-O3	53,55	53,55	53,55
PHA-24	LavGases AM	8.841 – 13.758	34.740 – 34.770	8.841 – 13.758

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-6. Rango de costos anuales para seguimiento de la normativa para cada planta

Planta	Tratamiento vahos	Escenario 1 (UF)	Escenario 2 (UF)	Escenario 3 (UF)
PHA-01	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-02	LavGases Q1	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-03	LavGases Q2	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-04	LavGases Q2	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-05	No	481 – 754	367 – 427	367 – 427
PHA-06	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-07	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-08	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-09	LavGases UV-O3	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-10	RTO	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-11	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-12	LavGases AD	481 – 754	367 – 427	367 – 427
PHA-13	LavGases UV-O3	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-14	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-15	LavGases Q2	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-16	LavGases AD	481 – 754	367 – 427	367 – 427
PHA-17	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-18	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-19	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-20	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754
PHA-21	LavGases Q1	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-22	LavGases AD	481 – 754	367 – 427	367 – 427
PHA-23	LavGases UV-O3	367 – 427	367 – 427	367 – 427
PHA-24	LavGases AM	481 – 754	367 – 427	481 – 754

Fuente: Elaboración propia

Las tablas recién presentadas, exponen tanto los costos por inicio y cumplimiento de la normativa (Tabla 8-5), así como los costos por el seguimiento del cumplimiento normativo (Tabla 8-6).

En la Tabla 8-5, para las plantas que deberán implementar tecnologías (ver sección 7.2), se presentan los costos por escenario tecnológico. En todos los casos, para el escenario 1 se propone la implementación de tecnología UV/Ozono, y para el escenario 2 la implementación de un equipo RTO. En cuanto al escenario 3, se propone el equipo de biotrickling, sin embargo, existen plantas que no pueden implementar el equipo de biotrickling debido a características específicas de vahos. En esos casos, el escenario 3 considera la implementación de un equipo de Luz UV/Ozono, la tecnología más económica considerada para este análisis. Para las plantas que no requieren de implementación de tecnología, solo se consideran costos del reporte de inicio.

En la Tabla 8-6 se exponen los costos de seguimiento anual para el cumplimiento de la normativa. En el caso de las plantas que pueden implementar tecnología UV/Ozono se incluyen los costos de operación anualizados (los reemplazos de componentes deben ocurrir entre 3 y 5 años una vez implementada la tecnología). Para las demás plantas, los costos de seguimiento incluyen solo el reporte de seguimiento, medición de tasa de emisión odorante y monitoreo de gases o estudios de eficiencia de remoción de olores (no se cuenta con costos para este último estudio).

Los costos fueron presentados para cada planta, y por escenarios, con el propósito de presentar estos antecedentes que pueden ser utilizados para el análisis de costo-beneficio de la industria, considerando cada escenario por separado.

8.2 Costos para el Estado asociados a la normativa

Los costos para el Estado refieren a la fiscalización por parte de las entidades a cargo para determinados eventos, y tienen una importante dependencia sobre el tipo, características específicas y cantidad de medidas de reducción de emisiones que finalmente se decidirá incluir para la fiscalización de instrumentos de gestión ambiental.

La estimación de los costos para el Estado en materia de fiscalización, se consideran de dos tipos. En primer lugar, se debe considerar el costo fijo por conceptos de operación de una oficina encargada de la revisión de reportes de seguimiento y planes de cumplimiento. En segundo lugar, se considera un costo variable asociado a actividades de fiscalización por respuesta a denuncias o por revisión de cumplimiento.

En particular, para los costos fijos operativos se considera un equipo que reciba y revise reportes de seguimiento, y los conocimientos y equipamiento que este equipo requiera para el correcto desarrollo de sus labores. En cuanto a la del costo variable debido a las actividades de fiscalización, se consideran costos reportados de fiscalización en instrumentos existentes, por ejemplo, para planes de descontaminación.

A continuación, se presentan las Tabla 8-7 y Tabla 8-8 con el resumen de los presupuestos y número de actividades de fiscalización a realizar para cada entidad fiscalizadora, de acuerdo con el programa PPDA de los años 2018 y 2021¹⁸, respectivamente.

Tabla 8-7. Resumen presupuesto actividades de fiscalización 2018 para PPDA

Entidad Fiscalizadora	Presupuesto 2018 [UF]	N° Actividades	Costo Unitario [UF/act]
SMA	16.161	502	32.2
Salud	7.040	941	7.5
SAG	74	9	8.2
Total	23.275	1.452	16^a

^a Costo unitario promedio de actividad de fiscalización

Fuente: Elaboración propia a partir de SMA, Resolución Exenta 1531/2018 que Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación para el año 2018

Tabla 8-8. Resumen presupuesto actividades de fiscalización 2021 para PPDA

Entidad Fiscalizadora	Presupuesto 2021 [UF]	N° Actividades	Costo Unitario [UF/act]
SMA	22.300	534	41,8
Salud	s/i	98	s/i
SAG	4	1	4
SNGM	17	10	1,7
Total	22.321	643	35^a

^a Costo unitario promedio de actividad de fiscalización, no considera la entidad fiscalizadora de salud.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Resolución Exenta 2582 (SMA, 2020) que Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación para el año 2021.

La Superintendencia del Medio Ambiente velará por la correcta ejecución de las inspecciones, mediciones y análisis que se requieran para el cumplimiento de los programas y subprogramas de fiscalización. Los presupuestos asociados a los PPDA son asignados para desarrollar distintas actividades de fiscalización como son las inspecciones ambientales, mediciones y muestreos e informes de estado de avance de planes de prevención y descontaminación ambiental.

En particular, la SMA tiene programadas 202 fiscalizaciones al año para los PDA más recientes^{19 20}. A diferencia del año 2018, en que solo se programaron 60 fiscalización para los PDA más recientes, para el año 2021 se consideraron los PDA de la región Metropolitana, de Concón, Quintero y Puchuncaví, y para las comunas de Concepción Metropolitano. Con respecto al SAG, actualmente solo está comprometida una actividad al mismo PDA^{21 22}, a diferencia de las 9 actividades contempladas el año 2018.

¹⁸ SMA, Resolución Exenta 2582. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para el año 2021.

¹⁹ Concón, Quintero y Puchuncaví, Concepción Metropolitano, Coyhaique y su zona circundante.

²⁰ SMA, Resolución Exenta 2582. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para el año 2021.

²¹ Plan de Descontaminación para el área circundante a la fundición de Caletones de la división El Teniente de Codelco Chile.

²² SMA, Resolución Exenta 2582. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para el año 2021.

Para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos se asume que las fiscalizaciones por año serán al menos para las plantas localizadas en la comuna de coronel, dominio de Biobío, de manera de estar alineados con lo expuesto en el PRAS de coronel del año 2018 (Ministerio de Medio Ambiente, 2018). Por otro lado, se considera prudente la fiscalización de al menos la mitad de las plantas ubicadas en otras comunas distintas de Coronel, pues se consideran como casos de menor priorización. Dado lo anterior, se considera un número de fiscalizaciones igual a 9 (ver Tabla 7-2) para el primer año de vigencia de la normativa.

Para la cuantificación de los costos de actividades de fiscalización, se realiza el análisis en base a la planilla *Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos* de la Superintendencia del Medio Ambiente (Superintendencia del Medioambiente, 2016). Esta planilla indica los costos unitarios de diferentes acciones de fiscalización según las horas hombre y los gastos esperados en transporte y estadía asociado a los profesionales requeridos. Por lo tanto, es posible considerar que los costos para una fiscalización asociada al cumplimiento normativo de las plantas de harina y aceite de pescado son representados por los ítems actividades de fiscalización y gastos operacionales. La Tabla 8-9 presenta el detalle de los costos de fiscalización por cada ítem.

Tabla 8-9. Costo de actividades de fiscalización por ítem

Ítem	Descripción	N° HH ^a	Costo unitario actividad (UF)	Costo total (UF)
Actividades Fiscalización	Inspección Fuentes Fija	12	6,7	15,6
	Examen de Información Fuente Fija	16	8,9	
Gastos operacionales	Arriendo vehículo	1	1,8	5,1
	Bencina	1	0,6	
	Viático (40%)	1	0,8	
	Viático (100%) (alojamiento)	1	1,9	
Total				20,7

^a Valor HH asociado a un Fiscalizador Grado 11 con pago de 0.56 UF/HH (Superintendencia del Medioambiente, 2016)

Fuente: Elaboración propia en base a *planilla de Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos* de la Superintendencia del Medio Ambiente (2016).

Finalmente, se obtiene que el costo total de fiscalización para una planta de procesamiento de recursos hidrobiológicos, considerando los ítems anteriores, es de 20,7 UF, valor que está subestimado en relación con el costo unitario total para las actividades de fiscalización del 2021. Por lo tanto, con el fin de mantener un criterio conservador en el análisis de costos, se utiliza el valor estimado de 41,8 UF por actividad de fiscalización de la Superintendencia de Medio Ambiente, que es el mayor valor dentro de las estimaciones presentadas en la Tabla 8-8, y además corresponde a la entidad que realizaría la fiscalización para el caso del presente informe.

Adicionalmente, la misma plantilla utilizada para obtener los valores de la tabla anterior presenta costos asociados al ítem actividades de gestión y seguimiento de un PDA, el cual puede asimilarse a actividades que también tendrán que realizarse para el seguimiento de la

normativa de olores. Para estimar estos costos para la normativa, se consideran los costos presentados en la Tabla 8-9.

Tabla 8-10. Costos de gestión y seguimiento del PDA

Costos por actividad de Gestión y Seguimiento del PDA	N° HH ^a
Actividades de Sistematización medidas, indicadores y medios de verificación (Año 1)	264
Seguimiento Actividades Sistematización medidas, indicadores y medios de verificación (año 2 en adelante)	132
Informe anual seguimiento del Plan (Año 2 en adelante)	180

Fuente: Elaboración propia en base a *planilla de Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos* de la Superintendencia del Medio Ambiente (2016).

Si bien se cuenta con la información expuesta en la Tabla 8-10, se considera que no hay suficiente información como para estimar costos de actividades de sistematización y revisión de documentos. Por este motivo se generarán supuestos para poder estimar las HH que tomará el seguimiento y fiscalización de la futura normativa. La Tabla 8-11 presenta estos supuestos.

Tabla 8-11 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs

Tipo de documentación a revisar	HH por titular	N° de Titulares	Total HH
Reporte inicial	2	24	48
Reporte de cumplimiento	5	15	75
Reporte de seguimiento	2	15	30
Administrativo	8 ^a	15	120
TOTAL			273

^alas HH son por titular a fiscalizar

Fuente: Elaboración propia

Al considerar el número total de plantas de harina y aceite afectas a la normativa (15 plantas), se obtiene que el tiempo destinado a revisión y seguimiento será de 273 HH. Por otro lado, al considerar la remuneración asociada a un fiscalizador de grado 10 (Gobierno de Chile, 2017), se obtiene un valor por hora de 0,31 UF/HH. Por lo tanto, el valor total por seguimiento y revisión de un informa para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos se presenta en la Tabla 8-12.

Tabla 8-12 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs

Tipo de documentación a revisar	Costo Unitario (UF)	Frecuencia	Total (UF)
Actividades de fiscalización	41,8	9	376,2
Revisión de documentos	0.31	153	47,4
Actividades administrativas	0.31	120	37,2
TOTAL			460,8

Fuente: Elaboración propia

8.3 Costos para el sector productivo

Para la recopilación de antecedentes del sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos se levantaron diversos documentos y se realizaron entrevistas a cada titular de las plantas en cuestión.

A partir de la información recogida, se destaca, entre otros, que el sector en general ha estado en un periodo de cambios los últimos años. Lo anterior se ha evidenciado con el cese de funcionamiento de algunas plantas, el cambio de giro en el rubro de algunas empresas del sector, titulares que ya no operan, adaptaciones auto gestionadas para la mejora de procesos y emisiones de vahos odorantes, cambios en la fórmula para realizar alimentos para peces, entre otros. Más aún, de las entrevistas a los titulares (ver Sección 3.1.1), se considera que los cambios en el sector productivo están ocurriendo actualmente y se espera que continúen ocurriendo en los siguientes años.

Por todo esto es más relevante el análisis del impacto que tendrá esta normativa sobre el sector productivo. Algunos de los factores que tendrán incidencia sobre el sector productivo son:

- Vedas de pesca
- Cambio climático (efecto sobre fauna marina)
- Cambios en demanda del producto
- Variabilidad e inestabilidad de la oferta de pesca artesanal

La inestabilidad percibida del sector puede ser un factor en contra de la continuidad de las plantas en su operación, sin embargo, la propuesta regulatoria preliminar (7 de septiembre de 2021) favorece a las plantas que ya han realizado inversiones para el control de los olores, las cuales sólo deberán realizar reportes iniciales. Las plantas que actualmente no cuentan con tecnología adicional para la reducción de olores deberán realizar una inversión de entre 6.805 – 22.166 UF (ver Sección 8.1.3).

Es relevante notar que, en términos económicos, según categorizaciones del Servicio de Impuestos Internos (SII) todos los titulares del sector son parte de empresas de gran tamaño, por lo cual se espera que la inversión asociada a la normativa debiera ser manejable y no generar un gran impacto en términos financieros.

Debido a todos los cambios esperados en el sector se considera que las empresas buscarán la estabilidad en la demanda, tendiendo a mejorar la calidad de su producto, lo cual llevará a buscar una mejor materia prima y mejor gestión de esta. Para PHAs la calidad del producto a elaborar depende directamente de la calidad de la materia prima y la correcta gestión de esta, por lo cual inversiones en la mejora de la captación de vahos, mantención de la frescura de la materia prima en los pozos de recepción y mejoras en la hermeticidad de las plantas son consecuencias esperadas tanto de las empresas que busquen mantenerse activos en el rubro como para dar cumplimiento a la normativa vigente de olores.

En el caso de que la inversión asociada al cumplimiento de la normativa provoque que para una empresa ya no sea costo eficiente continuar operando, esta decisión sería esperable con el tiempo, aún si no hubiera normativa.

El enfoque de la normativa de estándar tecnológico permite asegurar que, la inversión y esfuerzos que realicen las empresas para mejorar su operación vayan de la mano también con el control de los olores y la protección de los receptores cercanos a dichas plantas.

9. Identificación de beneficios y cobeneficios

El objetivo de esta sección es realizar el análisis de beneficio social esperado de los habitantes cercanos a una planta que emite olor, cuando la emisión de olor se reduce a un valor o porcentaje determinado.

La estimación de los beneficios asociados a externalidades medioambientales no cuantificables se encuentra basada comúnmente en la determinación de la población que se encuentra potencialmente expuesta dicha externalidad (Commission, 2000; Gibbons et al., 2014; Nahman, 2011). Esto se debe a que se puede realizar una estimación cuantitativa asociada a la valoración que entrega la población a dicha externalidad, en el caso del presente estudio, esta externalidad corresponde a la percepción de mal olor. La valoración económica de este beneficio corresponde al precio que un individuo (y la sociedad) está preparado para pagar para solucionar o disminuir la situación con molestia de olor (Defra, 2004; Garrod & Willis, 1998; Israel, 2018).

Para el análisis de beneficios, los beneficiados serán aquellas comunidades cercanas que para el escenario de reducción de olor se perciba una reducción de, al menos, 1 unidad de olor. Esto será realizado a partir de la modelación (ver Sección 6) y que es dependiente de la dispersión de la pluma del olor debido a características geográficas y meteorológicas. Se presenta a continuación la Tabla 9-1 que incluye el número total de los potenciales beneficiarios por comuna, para cada planta afecta a la propuesta regulatoria preliminar (7 de septiembre de 2021).

Tabla 9-1. Potenciales beneficiarios por comuna

Región	Provincia	Comuna	Planta	Zona	N° Viviendas ^a	Habitantes	
Arica y Parinacota	Arica	Arica	PHA-09	Urbana	66.928	221.364	
Tarapacá	Iquique	Iquique	PHA-07	Urbana	59.941	191.468	
			PHA-10	Urbana			
			PHA-11	Urbana			
Antofagasta	Antofagasta	Mejillones	PHA-08	Rural	3.511	13.467	
Atacama	Copiapó	Caldera	PHA-05	Urbana	6.602	17.662	
Coquimbo	Elqui	Coquimbo	PHA-20	Urbana	73.003	227.730	
Valparaíso	San Antonio	San Antonio	PHA-24	Urbana	29.729	91.350	
Biobío	Concepción	Coronel	PHA-01	Urbana	37.930	116.262	
			PHA-02	Urbana			
			PHA-06	Urbana			
			PHA-13	Urbana			
			PHA-17	Urbana			
			PHA-21	Urbana			
		Lota	PHA-18	Urbana	14.122	43.535	
			PHA-19	Urbana			
		Talcahuano	PHA-04	Urbana	48.084	151.749	
			PHA-23	Urbana			
Los Ángeles	PAP-08	Rural	67.632	202.331			
Los Lagos	Puerto Montt		PHA-15	Rural	84.531	245.902	
			PHA-22	Rural			
	Llanquihue	Calbuco		PAP-02	Rural	11.927	33.985
				PAP-03	Rural		
				PHA-16	Rural		
				PAP-06	Rural		
				PAP-07	Rural		
	Chiloé	Castro		PAP-01	Rural	16.264	43.807
				PAP-09	Rural		
	Osorno	Osorno		PAP-05	Urbana	56.976	161.460
Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	Aysén	Aysén	PHA-14	Urbana	8.572	23.959	
Magallanes y de la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Porvenir	PHA-12	Rural	2.214	6.801	
Los Ríos	Valdivia	Corral	PHA-03	Urbana	1.946	5.302	

^a El número de viviendas corresponde a las viviendas ocupadas por comuna

Fuente: elaboración propia a partir de (INE, 2018).

La información de la tabla anterior sobre número de viviendas y cantidad de habitantes según la comuna en la que una determinada planta se encuentra se obtuvo de la página oficial del Instituto Nacional de Estadísticas, para el Censo realizado el año 2017, a partir de las bases de datos disponibles (archivos en formato “.xlsx”). Estos datos son relevantes para la valoración de beneficios, la que es presentada en base a la disposición a pagar por la reducción de olores molestos en habitantes cercanos a las instalaciones que generan olores molestos, por lo que es adecuado contar con esta información para realizar el análisis de beneficio social.

El beneficio social de las comunidades cercanas a las plantas depende de la zona en la que una determinada planta se encuentra (zona urbana o rural), debido a la densidad poblacional

ya que es esperable obtener mayores beneficios en zonas urbanizadas. Los datos de la Tabla 9-1 corresponden a la cantidad de habitantes para toda la comuna, y son presentados para tener una idea preliminar de los posibles afectados/beneficiados por la norma. A partir de la modelación, es posible obtener la cantidad de habitantes que se encuentran potencialmente afectados por la pluma de olor proveniente de las plantas. La zona en la que se encuentra una planta será relevante para determinar los potenciales afectados en un radio de 3 kilómetros. La cantidad de población afectada bajo la pluma de olor se presenta en la Sección a continuación.

9.1 Población potencialmente beneficiada según pluma de olor

En esta subsección se estima la población expuesta a distintos niveles de olor determinados por la modelación, para así determinar los potenciales beneficiados. A continuación, se explica la metodología ocupada y los resultados obtenidos.

9.1.1 Datos y metodología

Como fuente de información para población, se utiliza el Mapa de Densidad de Población en Alta Resolución del año 2020, elaborado por Facebook y la Universidad de Columbia. Este mapa contiene celdas de aproximadamente 30 metros, con su población estimada correspondiente. Se considera que esta fuente de información para la obtención de la población en cada zona geográfica es la mejor información disponible ya que cuenta con un alto nivel de resolución (celdas de 30 m), es más actualizado (2020 versus censo 2017) y considera construcciones donde no hay habitantes fijos, pero sí hay trabajadores que se ven afectados²³. A su vez, se utilizan las isolíneas del percentil 99,5 provenientes de los resultados de la modelación (ver Sección 6), con las cuales se conocen las áreas para distintos niveles de afectación por olor. En específico, se pueden determinar las ubicaciones que poseen un percentil 99,5: entre 1 y 3 OU/m³; entre 3 y 5 OU/m³; y mayor a 5 OU/m³.

Para ejemplificar de mejor manera la disponibilidad de datos, en la Figura 9-1 se muestran las áreas de afectación y los datos de población para la ciudad de Coronel. Se puede observar que la densidad poblacional no es homogénea y que, por tanto, áreas de olor con mayor área de afectación, no necesariamente impactan a mayor población. En este caso en específico, el área de nivel de afectación intermedio (P99,5 entre 3 y 5 OU/m³) es bastante reducida, por lo que es esperable que la población potencialmente beneficiada se concentre en los otros dos niveles. Las Figuras para las demás comunas afectadas por la pluma de olor de las PHA se encuentran en el Anexo 4, en la Sección 15.

²³ Una desventaja del uso de esta fuente es que no discrimina entre hogares habitados y techos vacíos lo cual sería una dificultad al momento de estimar beneficios asociados a una reducción de olores ya que muchos de los estudios de valoración presentan DAP por vivienda y no por persona. Eventualmente se podría cruzar con información censal para diferenciar entre hogares habitados y deshabitados.

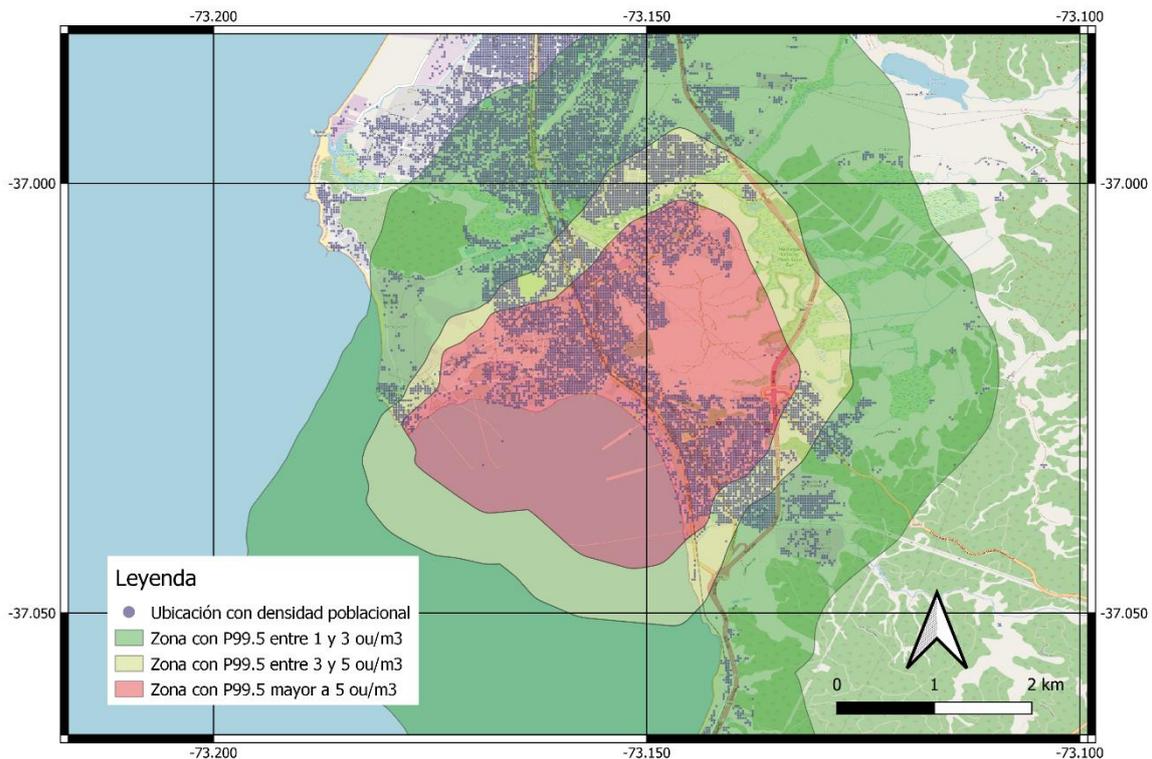


Figura 9-1 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coronel

Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

9.1.2 Resultados

Sumando la población contenida en cada zona de afectación, se puede obtener la población potencialmente beneficiada para distintos niveles actuales de olor. En la Tabla 9-2 se muestran los resultados obtenidos, desagregados por comuna. Siguiendo el ejemplo de Coronel, la columna “P99,5 1-3 OU/m³” sería la suma de los puntos verdes de la Figura 9-1, la siguiente columna serían los puntos café anaranjados y la subsiguiente los rosados. De esta manera, el total es equivalente a toda la población que se encuentra con un P99,5 mayor a 1 OU/m³.

La población nacional que posee un P99,5 mayor a 1 OU/m³ (y por ende potencialmente beneficiada) asciende a los 188.217 habitantes. La mayor parte de esta se encuentra en la zona de menor impacto (P99,5 de entre 1 y 3 OU/m³), sumando 104.927 habitantes. La comuna más afectada hoy es la de Coronel, con 69.506 habitantes con P99,5 mayor a 1 OU/m³, seguido por Iquique con 44.093. Sin embargo, si se considera la población con mayor nivel de afectación (P99,5 mayor a 5 OU/m³), Lota supera a Iquique con 19.430 habitantes frente a los 4.761 de este último.

Tabla 9-2 Población potencialmente beneficiada según nivel de olor

Región	Comuna	P99,5 1-3 OU/m ³	P99,5 3-5 OU/m ³	P99,5 >5 OU/m ³	Total ²⁴
Arica y Parinacota	Arica	3.390	267	202	3.860
Tarapacá	Iquique	31.926	7.405	4.761	44.093
Antofagasta	Mejillones	504	23	95	622
Atacama	Caldera	866	70	100	1.036
Coquimbo	Coquimbo	7.592	910	494	8.996
Biobío	Coronel	34.287	12.211	23.008	69.506
	Lota	13.108	10.314	19.430	42.853
	Talcahuano	11.786	1.525	1.236	14.547
Los Ríos	Corral	258	262	790	1.310
Magallanes y de la Antártica Chilena	Porvenir	1.210	185	0	1.395
Total		104.927	33.172	50.117	188.217

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el trabajo preliminar realizado para levantar la valoración del beneficio social asociado a una normativa de olores para la industria de procesamiento de recursos hidrobiológicos.

9.2 Búsqueda de experiencias de valoración de beneficios asociados a reducción de olor a nivel nacional e internacional

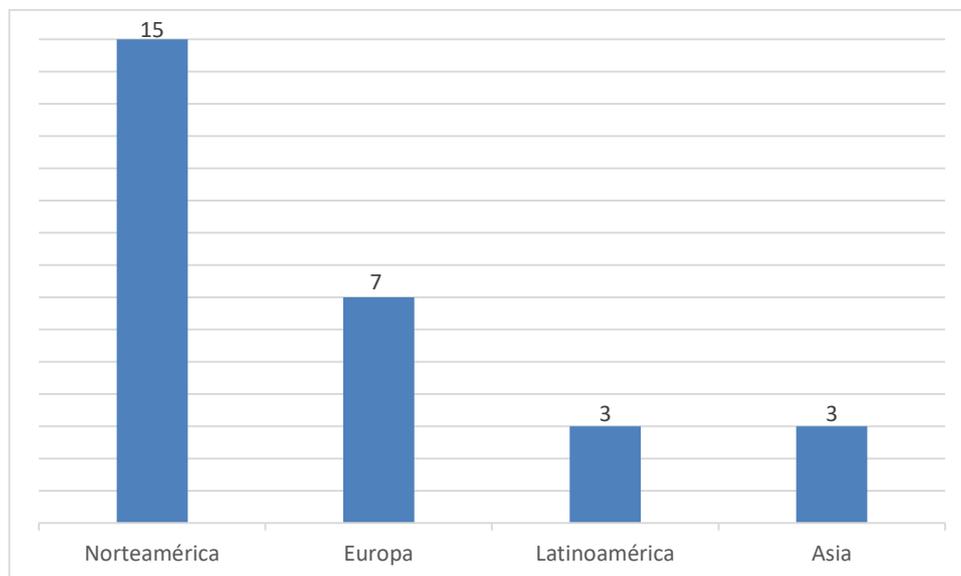
Los estudios de valoración ambiental que abordan la cuantificación de beneficios esperados de una situación de externalidad negativa, como la disminución de ruido, contaminación, olores molestos, se realizan en base a diferentes métodos de valoración. El enfoque de esta sección corresponde al análisis de estudios que refieren a la valoración de beneficios para la disminución de olores molestos.

En particular, existen dos métodos que son realizados en la mayoría de los estudios de identificación de beneficio social a partir de la externalidad de olores. En primer lugar, el método de precios hedónicos (PH) es el más utilizado a nivel internacional, y corresponde a un método de preferencias reveladas, donde el valor económico es reflejado a través del precio de las propiedades o viviendas cercanas a la industria que provoca un impacto ambiental negativo. El segundo método más común hallado en la literatura corresponde al método de valoración contingente (VC) que corresponde a un método de preferencias declaradas en base a encuestas realizadas a individuos sobre su disposición a pagar (DAP) para la reducción del impacto de olores molestos. Existen otros métodos, como el método de costos evitados (CE) que corresponde también a preferencias reveladas, pero que es poco utilizado en los estudios internacionales.

Con el fin de realizar una revisión completa de estudios y obtener el beneficio social esperado en términos de externalidades ambientales de emisión de olor se revisaron un total de 26 documentos internacionales y 2 documentos nacionales. Los documentos revisados se levantaron a partir de búsqueda web en el motor de búsqueda *Google Scholars*, del estudio previo de antecedentes para planteles porcinos (DICTUC, 2019) y del Análisis General de

²⁴ El total es equivalente a la población sobre 1 OU/m³, ya que es la suma de los tramos anteriores.

Impacto Económico y Social para el anteproyecto del mismo (Consultoría y Estudios Económicos y Ambientales Ltda., 2021).



País de origen de los estudios

Fuente: Elaboración propia en base a (Consultoría y Estudios Económicos y Ambientales Ltda., 2021).

De acuerdo con la revisión de los estudios, la mayor parte de los estudios provienen de estados Unidos (14 estudios) y Europa, muy posiblemente debido al aumento en la escala de producción, consolidación geográfica y expansión urbana, lo que ha contribuido a generar conflictos entre productores y habitantes (Consultoría y Estudios Económicos y Ambientales Ltda., 2021). La información obtenida de estos documentos es relevante para determinar la mejor valoración a utilizar para el análisis de beneficios. Se presenta el listado de los documentos revisados:

1. An Analysis Of Local Benefits And Costs Of Michigan Hog Operations Experiencing Environmental Conflicts, (Allison & Connor, 1994)
2. Economics Of Air Pollution: Hedonic Price Model And Smell Consequences Of Sewage Treatment Plants In Urban Areas, (Batalhone et al., 2002)
3. The Effect Of Livestock Industry Location On Rural Residential Property Values, (Dooho Et al., 2004)
4. Hedonic Valuation Of Odor Nuisance Using Field Measurements, A Case Study Of An Animal Waste Processing Facility In Flanders, (Eyckens et al., 2011)
5. Living With Hogs In Iowa: The Impact Of Livestock Facilities On Rural Residential Property Values, (Herriges et al., 2005)
6. The Environmental Costs Of Landfills And Incinerators, (Hockman et al., 1976)
7. A Spatial Hedonic Approach To Assess The Impact Of Swine Production On Residential Property Values, (Kim & Goldsmith, 2009)
8. Impacto De La Percepción De La Calidad Del Aire Sobre El Precio De Las Viviendas En Concepción-Talcahuano, Chile, (Mardones, 2006)
9. Evaluating The Effect Of Proximity To Hog Farms On Residential Property Values: A GIS-Based Hedonic Price Model Approach, (Milla et al., 2005)
10. Price Effects Of Landfills On House Values, (Arthur et al., 1992)
11. Hog Operations, Environmental Effects, And Residential Property Values, (Palmquist Et al., 1997)
12. The Amenity And Disamenity Impacts Of Agriculture: Estimates From A Hedonic Pricing Model, (Ready & Abdalla, 2005)
13. Smelly Local Polluters And Residential Property Values: A Hedonic Analysis Of Four Orange County (California) Cities, (Saphores & Aguilar-Benitez, 2005)
14. Monetary Valuation Of Odour Nuisance As A Tool To Evaluate Cost Effectiveness Of Possible Odour Reduction Techniques, (Van Broeck et al., 2009)
15. Le Emissioni Odorigene: Una Valutazione Economica, (Vannucci & Torsello, 2006)
16. Have Housing Prices Gone With The Smellywind? Big Data Analysis On Landfill In Hong Kong, (Yi Man Li & Ching Yu Li, 2018)
17. Il Contingent Behaviour Per La Valutazione Delle Esternalità Odorifere Dell'impianto Di Selezione E Compostaggio Di "Le Cortine" In Provincia Di Siena, (Baccheschi et al., 2008)
18. Valuation Of The External Costs And Benefits To Health And Environment Of Waste Management Options, (Turner et al., 2004)
19. Estimating Lost Amenity Due To Landfill Waste Disposal, (Garrod & Willis, 1998)
20. Estimating Willingness To Pay Using A Polychotomous Choice Function: An Application To Pork Products With Environmental Attributes, (Hurley et al., 2006)
21. Willingness To Pay For Reducing Global And Local Air Pollution: Evidence From Terre Haute, Indiana, (Israel, 2018)
22. Valuing WTP For Diesel Odor Reductions: An Application Of Contingent Ranking Technique, (Lareau & Rae, 1989)
23. Odours, Aesthetics & Socio-Economic Aspects Of Hamilton-Wentworth's Air Quality, (Cincar et al., 1997)

24. Valuation Of Externalities Related To Investment Projects In Agriculture, (Pechrová, 2016)
25. Valuing Multiple Externalities Of Polluting A Freshwater Lake For Natural Fibre Production: A Multi Attribute Utility Theory Based Approach, (Vijitha et al., 2012)
26. Valoración Económica del Medio Ambiente: Caso de estudio (1999), p. 161 – 170, (Vásquez & Cerda, 2018)
27. Assessing Societal Costs Associated With Environmental Impacts, (Beloff et al., 2000)
28. Economic Valuation Of Health Impacts Of Air Pollution Due To H2s Emission From To Lich River, Vietnam, (Huan et al., 2014)

A partir de la revisión de estos antecedentes, se concluyó que los métodos de valoración más utilizados en los documentos revisados refieren a método de Precios Hedónicos (PH) y método de Valoración Contingente (VC). Otro tipo de estudios refieren al método de Costos evitados (CE). Es relevante mencionar que a partir de la revisión de las experiencias, se infiere que, en general, cada documento contiene información particular del número de habitantes, el nivel de emisión odorante y modelos de regresión ajustados al caso de estudio específico, para obtener valores monetarios del beneficio social percibido por una reducción de olor específica al caso de estudio, por lo que no se considera posible realizar comparaciones directas de entre los valores de beneficios levantados. Pese a lo anterior, a partir del método de transferencia de beneficios (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b) es posible realizar un ajuste de los valores originales para obtener una cuantificación de beneficios adecuado a la realidad nacional.

De la revisión de antecedentes se encontraron 1 estudio del método de costos evitados (CE), 10 estudios de valoración contingente (VC), y 16 estudios que utilizaron el método de precios hedónicos (PH). La Tabla 9-3 presenta los documentos levantados para la valoración del costo social de la externalidad de olores, junto con la medida de reducción realizada.

Tabla 9-3. Resumen de antecedentes que estiman la externalidad “olores”.

N°	País	Autor (año)	Tipo	Fuente de olor	Medida	Divisa/ Unidad
1	Bélgica	Van Broeck et al. (2009)	VC	Múltiples industrias ^a	DAP para obtener una reducción de olores de un 80% por familia por año. Pago anual.	$\frac{\text{Euro (2005)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
2			PH	Planta de tratamiento desechos animales	Disminución del precio de propiedad por 10 su/m ³ extra de olor. Radio de hasta 2 km. Pago anual.	$\frac{\text{Euro (2009)}}{\text{su/m}^3}$
3	Bélgica	Eyckmans et al., (2011)	PH	Planta de tratamiento desechos animales	Valor perdido total por transacciones. Pago único.	MM EUR (2008)
4	Brasil	Batalhone et al., (2002)	PH	Tratamiento aguas	Disminución del valor del precio de las viviendas por aumento marginal de olor. Pago único.	$\frac{\text{USD (2002)}}{\text{vivienda} - \text{olor}}$
5	Canadá	Muller, Elliott & Diener, (1997)	VC	Calidad del aire ^b	DAP mensual por reducción de 4 a 3 días de mal olor. Pago mensual.	$\frac{\text{USD (1999)}}{\text{vivienda} - \text{mes}}$
6	Chile	Vásquez & Cerda, (1999)	VC	Industria pesquera	DAP por reducción de exposición estimada como medida de bienestar para un hogar de 4 integrantes. Pago mensual.	$\frac{\text{CLP (1999)}}{(\text{vivienda} - \text{mes})}$
7	Chile	Mardones, (2006)	PH	Industria Pesquera	DAP por reducción en un día de exposición para la disminución total del valor de una vivienda promedio. Se evidencia la falta de estaciones de monitoreos de calidad del aire. Pago único.	$\frac{\text{MM CLP (2003)}}{\text{vivienda} - \text{nivel}}$
8	China	Yi Man Li, (2017)	PH	Relleno Sanitario	Disminución del valor de una vivienda promedio debido a encontrarse a un km más cerca de la fuente de olor. Pago único.	$\frac{\text{HK Dollars (2018)}}{\text{vivienda} - \text{km}}$
9	India	Suryaprakash, (2012)	VC	Descomposición de orgánicos en lago	DAP por persona encuestada por mes, para reducir mal olor similar al sulfuro. Pago mensual.	$\frac{\text{Rupias (2012)}}{\text{persona} - \text{mes}}$
10	Italia	Baccheschi et al., (2008)	VC	Planta de compostaje	Disminución porcentual del valor de la vivienda en la que viven actualmente.	n/a
11	Italia	Vannucci, (2006)	PH	Planta azucarera	Decrecimiento en el precio de vivienda del mercado inmobiliario debido al aumentar de una unidad en el nivel de olor (calificación cualitativa). Pago único.	Euro (2006)

12	Republica Checa	Pechrová, (2016)	VC	Planta de biogas (no construida)	DAP por persona para reducción de olor.	$\frac{\text{CZK (2016)}}{\text{persona} - \text{año}}$
13	UK	Garrod & Willis, (1998)	VC	Relleno Sanitario	DAP marginal para la reducción de número de días en los que se experimenta mal olor, por día. Pago diario.	$\frac{\text{Libras (1998)}}{\text{persona} - \text{día}}$
14	USA	Beloff et al., (2000)	VC	Planta de cerdos	Disminución del valor del precio de las viviendas por c/cerdo adicional en un radio de 5 millas.	$\frac{\text{USD (2000)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
15	USA	Israel, (2018)	VC	Producción animal	Reducción del impacto global del aire. Pago semestral	$\frac{\text{USD (2017)}}{\text{persona} - \text{semestre}}$
16	USA	Lareau & Rae, (1989)	VC	Producción animal	Reducción marginal del olor de diesel vehicular. Pago anual.	$\frac{\text{USD (1989)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
17	USA	Abeles-Allison & Conner, (1990)	PH	Relleno Sanitario	Disminución en el precio de la propiedad por cada cerdo adicional. El impacto varió con el tamaño de la operación y la distancia que separa una residencia de una granja hasta 2 km. Pago único.	USD 1990
18	USA	Dooho et al., (2004)	PH	Planta de cerdos	Disminución del valor de una propiedad por cada 1000 Unidades de Animales (AU). Pago único.	$\frac{\text{USD (2004)}}{\text{vivienda}}$
19	USA	Herriges et al., (2005)	PH	Calidad del Aire: Reducción global de contaminación (olor como cobeneficio)	n/a	n/a
20	USA	Hockman et al., (1976)	PH	Relleno Saniario	Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores. Costo social total para la disminución en el valor de una propiedad por el aumento de una tonelada de residuos adicionales en el relleno sanitario. Pago único	$\frac{\text{USD (1970)}}{\text{vivienda} - \text{ton}}$
21	USA	Kim & Goldsmith, (2009)	PH	Planta de cerdos	Disminución en el precio de la propiedad media a una milla de distancia de instalación de 10.000 cabezas de cerdo. Pago único	$\frac{\text{USD (2008)}}{\text{vivienda}}$
22	Usa	Milla et al., (2005)	PH	Planta de cerdos	Disminución en el precio, impacto marginal, para una vivienda de \$114.000 (precio promedio de una casa) a una distancia de 1 milla de una granja de 5.000 animales. Pago único	$\frac{\text{USD (2005)}}{\text{vivienda}}$
23	Usa	Nelson et al., (1992)	PH	Relleno Sanitario	Disminución en el precio de una vivienda por cada milla más cerca del terreno	$\frac{\text{USD (1992)}}{\text{vivienda} - \text{milla}}$

24	Usa	Palmquist et al., (1997)	PH	Planta de cerdos	Disminución en el valor de una vivienda, impacto marginal promedio por la adición de una nueva instalación de cerdos. Pago único.	$\frac{\text{USD (1997)}}{\text{vivienda}}$
25	Usa	Ready & Abdalla, (2005)	PH	Producción animal y Relleno Sanitario	n/a	n/a
26	Usa	Saphores & Aguilar-Benitez, (2005)	PH	Multiples industrias ^c	Devaluación porcentual de casas en las zonas afectadas por contaminadores locales malolientes para distintos radio de distancia a fuente de olor: Más efecto a menor distancia (1/4 milla, 1/2 milla y 3/4 milla).	n/a
27	Vietnam	Huan et al., (2014)	CE	Aguas de alcantarillas al Río To Lich	Perdida económico a partir de modelación del número de personas que enferman en un área cercana a fuente y costos médicos asociados	$\frac{\text{USD (2014)}}{\text{persona}}$

^a 4 plantas de tratamiento de aguas servidas y 2 plantas de compostaje de residuos verdes.

^b Atributos de salud, smog, olor (tipo sulfuros, como huevo podrido) y visibilidad.

^c 8 empresas del petróleo y gas, 7 en reparación/pintura de automóviles, y 2 en concesión de autos, 6 en gestión de residuos, 4 en plásticos y 3 en construcción y reparación de embarcaciones.

^d UA: Unidad de animales (por sus siglas en inglés *Unit Animals*)

Los valores que presentan (*) la relación existente entre el valor reportado y el porcentaje de reducción de precios en la propiedad.

SU: Sniffing Unit (unidad de olor en español), corresponde a la unidad de medición de olor utilizada cuando la detección es en campo y no en laboratorio (en laboratorio se utiliza ou_e). La unidad su/m³ equivale a 1-5 ou_e/m³ (Van Elst & Delva, 2016)

Fuente: Elaboración propia a partir de (DICTUC, 2019) y (Consultoría y Estudios Económicos y Ambientales Ltda., 2021).

De la revisión de experiencias asociadas a la valoración de beneficio social por reducción de olores, se considera relevante profundizar en dos estudios levantados, asociados al sector de la industria pesquera, ambos realizados en Chile, en la zona de Concepción-Talcahuano, y orientados a la generación de malos olores por plantas de la industria pesquera, en particular plantas de harina de pescado. A continuación, se describe lo realizado en ambos estudios (Vásquez y Cerda, 1999; Mardones, 2006), con la finalidad de presentar mayores antecedentes sobre el contexto, característica de la población, metodología de evaluación y definición de la valoración de beneficios económicos realizada en territorio nacional.

Para el caso de estudio de Vásquez y Cerda (1999), el objetivo del estudio fue la estimación de los beneficios económicos asociados a la disminución en los niveles de contaminación por olores en la ciudad de Talcahuano, a partir del método de valoración contingente (VC). Como antecedente, un estudio previo hecho por SST (1996) realizó una escala de índice de olores, o niveles de olor, de 1 a 4, siendo 1 la calificación sin olor, y 4 la calificación de olor putrefacto y generalizado. Esta definición de niveles de olor permitió ajustar el vector de valores monetarios (en peso chileno) por la disposición a pagar (DAP) según el nivel de olor a percibir. Con este antecedente, se realizó el estudio principal mediante encuestas a 1445 hogares, en los que se entrevistó al jefe de familia. Luego de depurar las encuestas recogidas, se obtuvo un total de 1015 observaciones finales. La finalidad del instrumento de encuesta fue obtener información sobre la percepción del problema de olor y grado de importancia asignada a la calidad ambiental. La obtención de la DAP se obtuvo mediante estimaciones econométricas correspondientes al modelo *logit* y modelo *spike*, considerando 4 personas por hogar (similar a resultados del Censo 1992), y se obtuvo rangos de valores, con intervalos de confianza al 95%, para la medida de bienestar en términos mensuales.

En cuanto al estudio realizado por Mardones (2006), el objetivo fue realizar una evaluación empírica sobre los efectos de contaminación en el aire asociado a malos olores provenientes de industrias pesadas e industrias asociadas a la producción de harina de pescado, para la obtención de beneficios económicos en el área de Concepción-Talcahuano, a partir del método de precios hedónicos (PH). Desde un punto de vista metodológico, la principal limitante corresponde a la medición de la variable “malos olores” debido a la falta de variables objetivas de contaminación y pocas estaciones de monitoreo en la ciudad de Talcahuano. Se realizó el modelo teórico hedónico, cuyas variables se realizaron mediante la aplicación empírica de encuestas y registros de los Conservadores de Bienes Raíces, para determinar los atributos estructurales, atributos de localización, y atributos ambientales y de seguridad. Para el atributo de olor, se realizó una escala de los malos olores de la contaminación del aire que fue clasificada en seis categorías. Se consideraron supuestos y problemas de multicolinealidad, entre otros, para obtener finalmente el efecto monetario de malos olores sobre el precio de las casas del área de estudio. Por último, se realizaron comparaciones estadísticas a partir de las formas funcionales *semilog*, *semilog invertida* y *log-log*. Como conclusión, el estudio demuestra la factibilidad de desarrollar estudios de precios hedónicos para problemas de contaminación a nivel nacional.

9.3 Análisis de las experiencias para la aplicabilidad en Chile

A partir de los antecedentes levantados en la sección anterior, se analizó cada uno de ellos con el fin de obtener el costo social de la externalidad correspondiente a olores molestos (Tabla 9-3). El objetivo de esta sección corresponde a determinar el beneficio social unitario aplicado a nivel nacional, que podrá ser utilizado para futuras evaluaciones del beneficio social esperado producto de la reducción de olores del sector de estudio.

Para establecer el beneficio social unitario que será aplicado a este estudio se deben escoger los valores más representativos para el presente estudio, obtenidos de los antecedentes. Los resultados de cada estudio analizado no son fácilmente transferibles a Chile, debido a que cada estudio revisado fue realizado a partir de características particulares de la zona que fue evaluada.

Los estudios levantados correspondiente a la metodología de precios hedónicos (PH) plantea una valorización cuantitativa del cambio de precios en las propiedades cercana a las industrias emisoras de mal olor, a partir de una función multivariable. Para esta metodología se deben considerar las transacciones realizadas de las propiedades a lo largo de los años, y ver el efecto de la externalidad de olores en el precio de las propiedades, lo que dificulta el análisis para la aplicabilidad en Chile. En la Tabla 9-3 se destaca el porcentaje de reducción en el precio de las propiedades, cuyo valor puede ser comparable entre estudios de precios hedónicos. Por otro lado, el método de valoración contingente (VC) plantea un escenario hipotético de reducción de olor para cuantificar la disposición de pago de un grupo de personas cercanas al área afectada de mal olor. Esta metodología aborda la opinión de las personas afectadas mediante encuestas con valoraciones cualitativas a partir de índices de olor o disposición de pago por la reducción de un cierto nivel de olor, y considera el número de la población cercana a la fuente emisora, dato que puede ser obtenido del CENSO 2017. Por lo tanto, para la elección de los estudios que serán aplicables a Chile, se deben considerar los aspectos mencionados de cada metodología.

Los estudios analizados que podrían ser aplicables en Chile se eligen según el tipo de método de valoración usado. Se realiza una comparación entre los estudios del método de precios hedónicos (PH) para analizar el porcentaje de reducción en el valor de la vivienda, y el valor monetario aproximado de reducción. Asimismo, se comparan de los estudios que realizaron el método de valoración contingente (VC) para obtener valores de la disposición a pagar por individuo o vivienda en un determinado horizonte de tiempo. De los estudios levantados en la sección anterior (ver Sección 9.2), se descartaron los estudios que no incluían algún tipo de valoración monetaria en sus estudios. Por otro lado, no se consideran aquellos estudios que poseen alta variabilidad en los valores monetarios y/o en sus valores porcentuales, así como aquellos cuyos valores responden a efectos multivariables, como gran cantidad de fuentes de origen de olor, y efectos de externalidad negativa múltiples. Se presenta a continuación la descripción de los antecedentes seleccionados.

Tabla 9-4. Antecedentes seleccionados para Precios Hedónicos (PH)

N°	Autor (año)	Metodología	Fuente de olor	Datos	Medidas
1	Eyckmans et al., (2011)	PH	Planta de tratamiento desechos animales	Efecto cuantificado por estimación de 16.722 viviendas (3.401 viviendas sometidas a un nivel de olor superior a 2 su/m ³), y número de operaciones de venta de 1.428 (2004-2008). Efecto del olor se midió en terreno para propiedades en un radio de hasta 5 km desde la fuente.	Valor perdido total por transacciones. Pago único.
2	Mardones, (2006)	PH	Industria Pesquera	Efecto cuantificado a partir de 158 datos compraventas de casas (2003), muestreo no aleatorio a 292 personas en 32 sectores. Niveles para la variable de olor de 0 a 5.	Disminución total del valor de una vivienda promedio por reducción en un día de exposición de olor. Se evidencia la falta de estaciones de monitoreo de calidad del aire. Pago único.
3	Vannucci, (2006)	PH	Planta azucarera	Efecto cuantificado considerando distancia a fuente de olor. Calificación cualitativa de 0 a 3.	Decrecimiento en el precio de vivienda del mercado inmobiliario debido al aumentar de una unidad en el nivel de olor (calificación cualitativa). Pago único.
4	Kim & Goldsmith, (2009)	PH	Planta de cerdos	efecto cuantificado por 684 valores de viviendas, cercanas a 26 granjas con 85.000 cerdos	Disminución en el precio de la propiedad media a una milla de distancia de instalación de 10.000 cabezas de cerdo. Pago único
5	Milla et al., (2005)	PH	Planta de cerdos	Efecto cuantificado por datos de transacciones de venta de 810 propiedades (entre enero de 2000 y julio de 2001), cercanas a para 26 operaciones porcinas, que varían en capacidad de diseño de 720 a 7.680 cerdos, en un radio de hasta 2,5 millas.	Disminución en el precio, impacto marginal, para una vivienda de \$114.000 (precio promedio de una casa) a una distancia de 1 milla de una granja de 5.000 animales. Pago único.
6	Nelson et al., (1992)	PH	Relleno Sanitario	Efecto cuantificado para 708 casas durante los años 80' afectadas por 1 relleno sanitario.	Disminución en el precio de una vivienda por cada milla más cerca del terreno. Pago único.

7	Van Broeck et al., (2009) ^b	VC	167 Múltiples industrias ^a	Efecto cuantificado a partir de 513 encuestados (2005).	DAP para obtener una reducción de olores de un 80% por familia por año. Pago anual.
8	Muller, Elliott & Diener, (1997)	VC	Calidad del aire ^b	Efecto cuantificado por 515 encuestas recibidas, 188 completamente correctas (1977).	DAP mensual por reducción de 4 a 3 días de mal olor. Pago mensual.
9	Vásquez & Cerda, (1999)	VC	Pesqueras: Industria de harina de pescado	Efecto cuantificado por 1.015 encuestados, 13 plantas procesadoras cercanas (no indica año de estudio, se considera 1999). Niveles para la variable de olor de 1 a 4.	DAP mensual por reducción de exposición estimada como medida de bienestar para un hogar de 4 integrantes. Pago mensual.
10	Garrod & Willis, (1998)	VC	Calidad del aire (olor y polvo), basura y rellenos sanitarios.	Efecto cuantificado por 73 encuestados y 292 observaciones (No indica año de estudio, se considera 1998).	DAP marginal para la reducción de número de días en los que se experimenta mal olor, por día. Pago diario.
11	Lareau & Rae, (1989)	VC	Producción animal, mayormente cerdos	Efecto cuantificado por medio de 140 encuestados (1984). Calificación cualitativo de olor "A" con olor medio, y olor "B" que era más intenso.	Reducción marginal del olor de diésel vehicular. Pago anual.
12	Beloff et al., (2000)	VC	Planta de cerdos	No especifica tamaño de la muestra.	Disminución del valor del precio de las viviendas por c/ cerdo adicional en un radio de 5 millas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-5. Antecedentes seleccionados para Valoración Contingente (VC)

N°	Autor (año)	Fuente de olor	Datos	Medidas
1	Van Broeck et al., (2009) ^b	168 Múltiples industrias ^a	Efecto cuantificado a partir de 513 encuestados (2005).	DAP para obtener una reducción de olores de un 80% por familia por año. Pago anual.
2	Muller, Elliott & Diener, (1997)	Calidad del aire ^b	Efecto cuantificado por 515 encuestas recibidas, 188 completamente correctas (1977).	DAP mensual por reducción de 4 a 3 días de mal olor. Pago mensual.
3	Vásquez & Cerda, (1999)	Pesqueras: Industria de harina de pescado	Efecto cuantificado por 1.015 encuestados, 13 plantas procesadoras cercanas (no indica año de estudio, se considera 1999). Niveles para la variable de olor de 1 a 4.	DAP mensual por reducción de exposición estimada como medida de bienestar para un hogar de 4 integrantes. Pago mensual.
4	Garrod & Willis, (1998)	Calidad del aire (olor y polvo), basura y rellenos sanitarios.	Efecto cuantificado por 73 encuestados y 292 observaciones (No indica año de estudio, se considera 1998).	DAP marginal para la reducción de número de días en los que se experimenta mal olor, por día. Pago diario.
5	Lareau & Rae, (1989)	Producción animal, mayormente cerdos	Efecto cuantificado por medio de 140 encuestados (1984). Calificación cualitativo de olor "A" con olor medio, y olor "B" que era más intenso.	Reducción marginal del olor de diésel vehicular. Pago anual.
6	Beloff et al., (2000)	Planta de cerdos	No especifica tamaño de la muestra.	Disminución del valor del precio de las viviendas por c/ cerdo adicional en un radio de 5 millas.

^a 4 plantas de tratamiento de aguas servidas y 2 plantas de compostaje de residuos verdes.

^b Atributos de salud, smog, olor (tipo sulfuros, como huevo podrido) y visibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

9.4 Identificación de cobeneficios asociados a la reducción de olores

La identificación de beneficios para la elaboración de una norma de olores del sector de recursos hidrobiológicos también debe abordar los cobeneficios o beneficios indirectos de la implementación de tecnologías para la reducción de olor, ya que estos también pueden implicar mejoras en la calidad del aire a partir de la reducción de gases que afectan negativamente a la atmósfera, o que sean precursores de compuestos nocivos para el ambiente.

Se ha levantado que los principales riesgos ambientales de la producción de harina y aceite de pescado corresponden a un alto consumo de agua, emisiones de agua residual y malos olores. Se debe tener en cuenta que a partir del procesamiento de recurso hidrobiológico se emiten a la atmósfera compuestos derivados del uso de combustible para generadores y de la combustión en calderas, como gases de material particulado, SO_x, NO_x, CO y VOCs, que pueden afectar negativamente las condiciones del aire debido a que son precursores de gases de efecto invernadero (Irish Environmental Protection Agency, 2008b).

En términos generales, se reconoce que la industria de recursos provenientes del mar emite una cantidad muy baja de gases invernadero, en comparación a las industrias de la carne. Para pesqueras y plantas de harina y aceite de pescado, los potenciales beneficios para la reducción de la emisión de partículas a la atmósfera refieren a mejoras en la eficiencia del combustible para la generación de energía y sistemas de refrigeración modernos en los barcos de pesca. El siguiente gráfico presenta una comparación entre las distintas industrias y sus emisiones de gas invernadero.

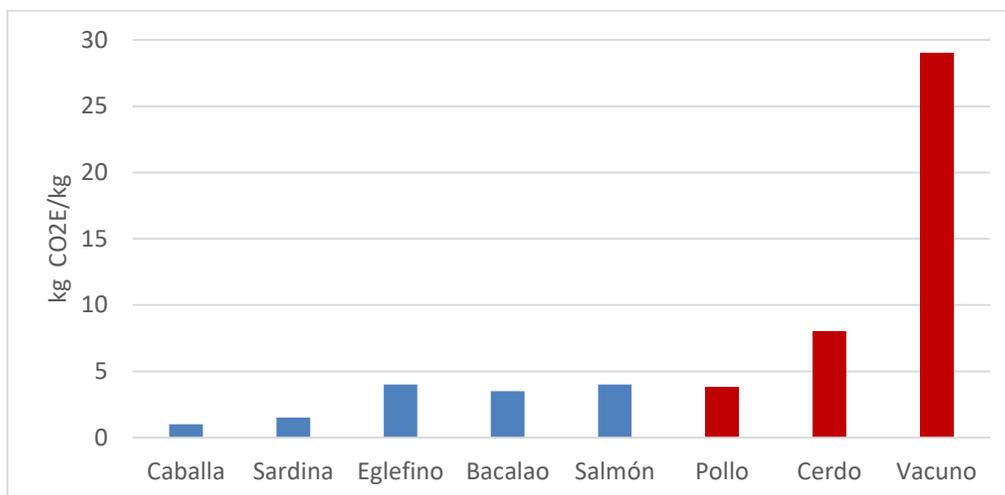


Figura 9-2. Emisiones de gases invernadero proveniente de pesqueras y acuicultura (de color azul) comparado con carne proveniente de la agricultura y ganadería (de color rojo)

Nota: Las emisiones refieren solo a la parte comestible proveniente de mataderos o desembarco de pescado.

Fuente: Tomczak-Wandzel et al. (2015).

A partir de la figura anterior, se considera que existe una gran necesidad de desarrollar tecnologías que emitan un menor nivel de compuestos precursores de gases invernadero en la industria ganadera, y que las industrias del sector de recursos hidrobiológico están muy por debajo de las industrias porcinas y vacuno en términos de emisión. De manera coherente con la realidad nacional, se ha levantado que las emisiones asociadas a gases precursores para el sector pesquero no han provocado problemas o conflictos socioambientales, y que la emisión de estos proviene de fuentes como calderas y generadores, asociados al Decreto N°10 del Ministerio de Salud, que aprueba reglamento de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua (Ministerio de Salud, 2012). Debido a lo anterior es que la reducción de gases precursores de efecto invernadero no contribuiría a la identificación de cobeneficio social a partir de la reducción de malos olores en plantas de harina y aceite de pescado o de alimento para peces, por lo que no serán considerados para potenciales cobeneficios a partir de la reducción de olores.

Con respecto a los malos olores, los principales compuestos odorantes para el sector provienen de los procesos de descarga, cocedores, secadores y salas de procesos, e incluyen compuestos como alcoholes, carbonilos, sulfuros, aminas y amoniaco. Los principales compuestos odorantes emitidos por una PHA consisten primordialmente en dimetilamina (DMA) y trimetilaminas (TMA) y sulfurados como ácido sulfhídrico (H₂S) y dimetilsulfuro (DMS) (Irish Environmental Protection Agency, 2008b; European Commission, 2005; Tomczak-Wandzel et al., 2015; Rahmaninezhad et al., 2015).

9.4.1 Análisis cualitativo de cobeneficios asociados a la reducción de olores

Debido a que a nivel nacional no se cuenta con valores para cuantificar los diferentes compuestos odorantes mencionados, se han levantado referencias para obtener valores de emisión asociados a los distintos gases odorantes. Dentro de los estudios internacionales se mencionan algunos rangos de valores para la emisión de diferentes compuestos asociados a la elaboración de harina y aceite de pescado. La Tabla 9-6 presenta rangos de valores estimados del umbral de nivel de emisión para que un compuesto sea percibido como olor molesto.

Tabla 9-6. Niveles de emisión asociados a componentes provenientes de una PHA

Grupo de compuestos	Niveles de emisión (mg/m ³)	Umbral máximo (g/h) ¹	Flujo de gases (m ³ N/h)
Aminas y amidas	5	s/i	-
Sulfitos y mercaptanos (expresados como S)	5	15	3.000
Carbono orgánico total (expresado como C)	50	500	10.000
Material Particulado (MP) total	< 150	200	1.330

¹ El flujo de umbral máximo determina la máxima emisión posible antes que el olor sea percibido, de tal manera que si supera estos valores se deben implementar medidas de abatimiento para reducir la emisión hasta un nivel apropiado

Fuente: Elaboración propia a partir de Irish Environmental Protection Agency (2008b).

Si tomamos el supuesto de un flujo de emisión anual de 50.000 m³/h para una planta tipo (valor obtenido a partir de entrevistas y documentos solicitados a titulares, ver Sección 3.2 y 3.3), y utilizando los valores de flujo de gases de la Tabla 9-6, es posible inferir que los compuestos expresados como carbono orgánico total representarían un 20% de la emisión total, y con un 6% compuestos derivados de sulfatos. Como no se tiene más información adicional, se deduce que el 74% restante correspondería a otros compuestos que incluyen derivados de aminas y H₂S. Por lo tanto, se estima que un gran porcentaje del flujo de gas para una PHA corresponde a componentes odorantes como TMA y DMA. La siguiente tabla presenta flujos máxicos emitidos a partir del procesamiento de pescado.

Tabla 9-7. Emisiones reportadas para el procesamiento de una tonelada de pescado procesado en una PHA

Tipo emisión	Compuesto	Nivel de emisión (gr)	Porcentaje de la emisión	
Emisiones asociadas a energía eléctrica	CO ₂	20	11%	100%
	NO _x	170	89%	
Emisiones asociadas a combustibles	CO ₂ por gas natural	90	17%	100%
	NO _x por gasolina	430	83%	
Emisiones asociado a procesos	DMA	0,6 a 3	4 %	100%
	TMA	10 a 25	32%	
	SO ₂	30	38%	
	Sólidos Suspendidos	20	26%	

Nota 1: Los valores corresponden a rangos recibidos para condiciones de operación, tratamientos y métodos de muestreo no descritos en detalle.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Comisión Europea (European Commission, 2005).

A partir de la Tabla 9-7 se puede inferir cuales son los compuestos más relevantes para la emisión de una PHA. En términos de las emisiones para producir energía, se ve el compuesto NO_x es el principal gas emitido con valores entre 80 y 90% del total, aunque se debe considerar que la matriz energética en Chile es diferente a los países europeos, por lo que estos porcentajes de emisión podrían no ser representativos para la realidad nacional. Sin embargo, los gases emitidos por la generación de energía no son considerados en el análisis, debido a que no provienen del proceso productivo y no presentan cobeneficios directos por reducción de olor. Para los compuestos odorantes, de la información obtenida, se evidencia la relevancia del compuesto que contienen aminas (TMA y DMA), las que presentan más del 30% de los compuestos emitidos en su conjunto, quedando de manifiesto la relevancia de estos compuestos en cuanto a la magnitud asociada en las emisiones totales a partir del proceso productivo de una PHA. Se debe considerar que este análisis se realiza dentro de la información disponible, y no es posible inferir que este valor del 30% coincida a nivel nacional, aunque es una aproximación a partir de lo levantado de la literatura internacional.

Los valores presentados en las tablas anteriores correspondientes a fuentes oficiales de la Agencia de Protección Ambiental Irlandesa (2008b) y la Comisión Europea (2005), sin embargo, estas referencias tienen como objetivo mostrar la información levantada, y no presentar rangos de valores que determinen límites de emisión normativos. Asimismo, ninguna de estas fuentes presenta estudios de costo-beneficio debido a la reducción de emisión de los compuestos presentados. La finalidad del análisis de esta información es la comparación cualitativa de los flujos de emisiones asociados a las PHA de manera internacional.

Si consideramos la normativa nacional para la emisión de compuestos gaseosos, estas se limitan a la norma primaria y secundaria de calidad del aire, normas a industrias específicas y norma de olores para el sector porcino, donde no se consideran los compuestos odorantes de interés. Para obtener antecedentes sobre emisiones de gases para PHA y PAP, se revisaron los documentos oficiales presentes en la plataforma digital del SEIA para la aprobación y continuidad de los

diferentes proyectos realizados por titulares de plantas PHA y PAP, y se lograron levantar algunos valores de emisión para compuestos odorantes como TMA y H₂S, los que se comparan con valores referenciales de la normativa suiza, así como recomendaciones de los factores de emisión de la EPA de Estados Unidos.

Tabla 9-8. Normativa internacional de referencia en documentos oficiales del SEIA

Compuestos	PM	NO ₂	CO	SO ₂	H ₂ S	TMA
Norma Suiza de emisión (g/h)	500	2500	-	2500	-	-
Factor US EPA de emisión (g/kg)	-	5,19	0,6	25,78	0,005	0,15

Nota 1: Los valores para la norma suiza y factor EPA son los referenciales obtenidos a partir de distintos documentos del SEIA.

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos oficiales del SEIA.

Los valores presentados en la Tabla 9-8 solo son útiles como rangos de referencia para prevenir olores molestos y contaminación atmosférica basados en límites de normas internacionales. Si bien no se cuenta con una normativa nacional, en la práctica se compara los valores cuantificados con la normativa internacional presentada, y que son utilizados en los documentos oficiales para proyectos ingresados al SEIA para su evaluación. Sin embargo, a partir de estos valores no es posible cuantificar cobeneficios por la reducción de la emisión de los compuestos presentes en la tabla anterior, debido a que no pueden exigirse tales valores para el territorio nacional.

Se revisaron las Declaraciones de Impacto Ambiental, y las Resoluciones de calificación ambiental de los titulares de interés (PHA y PAP), encontrando 9 documentos que incluyen información sobre el nivel de emisión odorante para distintos titulares del sector productivo (4 para PHA y 4 para PAP). Además, se cuenta con un documento de monitoreo de gases para una PHA. Estos documentos han sido presentados entre los años 2000 y 2019, y los valores de emisión corresponden a diferentes tipos de compuestos, y para diferentes tipos de procesos, por lo que se debe tener en cuenta que los valores levantados no son comparables ni representativos de la realidad nacional actual. Aun así, los datos levantados pueden ser un indicativo del rango de valores que podrían encontrarse en alguna de las plantas del sector. Además, los datos levantados pueden referir a un escenario real o proyectado. La información relevante obtenida a partir de los documentos del SEIA es presentada en la tabla a continuación.

Tabla 9-9. Compuestos registrados de documentos oficiales.

Compuestos	Documentos PAP				Documentos PHA				
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	MG1
CO		X	X		X	X	X		
H ₂ S	X							X	X
HC						X			
MP	X	X	X	X			X		
MP ₁₀					X	X			
MP _{2,5}						X			
NH ₃									X
NO ₂		X	X		X				
NO _x	X			X		X	X		
SO _x	X					X			
SO ₂			X	X			X		
TMA	X								X
VOCs								X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos oficiales del SEIA (D) y monitoreo de gases (MG) disponibles.

De la tabla anterior se aprecia que los estudios de caracterización de gases son muy diversos en contenido, debido a que no existe una guía nacional al respecto sobre qué debería contener un análisis en cuanto a componentes a considerar y rangos aceptables, para poder comparar dentro de un rango de valores. Por lo tanto, es necesario establecer un estándar para indicar qué tipo contaminantes medir y bajo qué rangos de valores.

La mayoría de los valores reportados refieren a componentes no odorantes que no permiten obtener algún tipo de cobeneficios asociado a la reducción de olores. Además, no todos estos estudios dejan en claro que procesos están incluidos. Por ejemplo, en el caso que la medición sea para toda la planta, se incluye combustión de gases en calderas, generación eléctrica y otras emisiones que no están asociadas directamente al proceso productivo de las plantas, y por tanto a la emisión de gases odorantes. Debido a todo lo anterior, no es posible realizar una tabla comparativa de los valores²⁵, ya que no hay información suficiente para tal análisis, o para la identificación de cobeneficios.

A partir de los valores que se presentan en los documentos, aquellos que contenían información cuantitativa sobre PM, NO₂ y CO₂, ninguno sobrepasó la norma suiza referenciada en la Tabla 9-8, según los cálculos y análisis realizados en los mismos documentos. lo cual supone que las emisiones de las plantas nacionales se encuentran bajo el umbral de contaminación atmosférica. la determinación de los compuestos contaminantes que deberán ser medidos para el registro en documentos oficiales, así como las unidades de medida en las que se deben registrar los datos. A partir de la información levantada, queda en evidencia la falta de sistematización para la

²⁵ Los documentos levantados en el SEIA expresaban valores cuantificables de las emisiones, sin embargo, estos no se han considerado para el análisis cualitativo en la presente sección.

emisión de gases en el sector de recursos hidrobiológicos, relevante para establecer los gases a medir al evaluar una PHA o PAP, lo que permitirá un mejor análisis, reporte y evaluación de estas. Además, al incluir los componentes contaminantes (CO_2 , NO_x , MP, etc.) y compuestos odorantes (DMA, TMA, H_2S , etc.) en la caracterización y cuantificación de los gases, se facilitará la identificación de potenciales impactos sociales y medioambientales, así como la estimación de estos compuestos para otras industrias que aún no cuenten con sus análisis.

A modo de conclusión, la disminución de los gases odorantes provenientes de las industrias de procesamiento de recursos hidrobiológicos y, en particular a plantas de harina y aceite de pescado, así como para plantas de alimento para peces, no presentarían ningún tipo de cobeneficios asociado a la reducción de olor sobre el medioambiente. Como se pudo ver a partir de la información presentada en esta sección, con respecto a los aspectos normativos de emisión a nivel nacional, la norma chilena de calidad del aire no refiere a ninguno de los compuestos primordiales que son emitidos en una PHA, pues la mayor parte de la normativa atmosférica vigente regula el material particulado y gases emitidos por fuentes móviles e industriales, y que están orientadas al cumplimiento normativo de calidad primaria en Chile para los compuestos de MP_{10} , $\text{MP}_{2,5}$ y los gases CO , NO_x , SO_2 y Ozono (Ministerio del Medio Ambiente et al., 2013). Debido a lo anterior es que a nivel normativo nacional no se logran identificar los rangos de valores umbrales de emisión para gases odorantes, y límites de emisión para H_2S , DMA y TDA, principales gases provenientes de plantas PHA y PAP (sus materias primas provienen de derivados de pescado), y por lo tanto, no es posible cuantificar ningún cobeneficio basado en normas nacionales. Se deduce que solo existen beneficios directos asociados a reducir la percepción de olor en las comunidades cercanas. Como recomendación final, se deben establecer estándares de compuestos a considerar en un estudio de caracterización de flujo de gases y entregar guías de los rangos de gases los gases relevantes que son emitidos.

10. Conclusiones

El presente informe desarrolla todas las actividades de la consultoría, partiendo por la recopilación de antecedentes que permitan caracterizar el sector productivo de interés. Esto se logra exitosamente por medio de la realización de entrevistas a todos los titulares afectos a la normativa. Luego, a lo largo del documento se presenta una descripción de los procesos productivos de las plantas a analizar y las tecnologías existentes, costos y eficiencias asociadas a la reducción de emisiones de olor. También se desarrolla la modelación realizada para plantas de harina y aceite de pescado y los resultados obtenidos.

En cuanto a la caracterización de las plantas afectas a la normativa; plantas de aceite y harina de pescado y plantas de alimentos para peces, se elaboró una base de datos consolidada de todas las plantas que están afectas a la propuesta regulatoria, plantas de harina y aceite de pescado (PHA) y plantas de alimento para peces (PAP). La elaboración de esta base de datos comenzó con la identificación inicial de plantas que se realizó en Envirometrika (2021), la cual fue validada, complementada y corregida, pasando de un universo inicial de 68 plantas de PHA y PAP a un universo final de 33 plantas. En este sentido se destaca que la identificación y caracterización de estas plantas fue realizada bajo un proceso de identificación exhaustivo a partir de revisión de documentos asociados a RCAs, DIA e EIA junto con la realización de entrevistas a todos los titulares.

Del universo de 33 plantas, existen 24 plantas de harina y aceite de pescado. Las regiones que presentan más la mayor cantidad de plantas son las regiones del Biobío, la región de los lagos y la región de Tarapacá. La mayor cantidad de plantas elaboradoras de harina y aceite se encuentran en la región de Biobío (10 de 24 plantas). Respecto a las plantas de alimento para peces, existen 9, mientras que la región que presenta la mayor cantidad de plantas es la región de Los Lagos (7 de las 9 plantas).

Respecto a las tecnologías y prácticas asociadas a la reducción de olor, para el caso de las PHA, todas cuentan con recolección de vahos para la etapa de producción. Los lavadores de gases o *scrubbers* son la principal tecnología usada, las que tiene distintas variantes según los aditivos utilizador para complementar la acción de condensación del lavador de gases. Se destaca que 8 plantas poseen implementada alguna tecnología adicional a lavadores de gases convencionales, con sólo una planta con un sistema de tratamiento de vahos incondensables por medio del uso de carbón activado.

Respecto a las PAP, las 9 plantas se encuentran en la zona sur, y se encuentran techadas y cerradas. A partir de las entrevistas realizadas a las plantas, se ha podido concluir que todas las plantas poseen al menos sistemas de ductos para la captación de vahos y que los biofiltros son la principal tecnología utilizada. Existen dos plantas que no cuentan con ningún tipo de tratamiento.

Se analizó la posible convergencia entre la propuesta de norma y otros instrumentos regulatorios o voluntarios vigentes y proyectados con el objetivo de revisar cualquier interacción que pueda

generar impactos en la estimación de los costos y beneficios de la normativa que se quiere evaluar. En este sentido se analizó el Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano, el Anteproyecto de la Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión, el Informe “Plan de Gestión Ambiental de la Bahía de Mejillones del Sur”, las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), el Programa para la Recuperación Ambiental y Social de Coronel y Documentos de buenas prácticas operacionales desarrollados por las asociaciones gremiales ASIPES Y ASIPNOR. Luego de analizar su posible convergencia, se concluye que si bien existen instrumentos regulatorios y voluntarios que poseen interacción con la normativa de olores del presente sector, no existe interacción que pueda generar una modificación en la línea base de emisiones y por consiguiente, impactos en la estimación de los costos y beneficios de la normativa que se quiere evaluar.

A partir de las tecnologías levantadas de la literatura e información web, así como las discusiones sobre los tipos de tecnologías utilizadas en las plantas nacionales que estarán afectas a la propuesta regulatoria, levantadas de entrevistas, si bien el listado de opciones tecnológicas a implementar es bastante amplio, se ha evidenciado que algunas tecnologías prevalecen por sobre otras, debido a razones operativas, de disponibilidad y costos para el sector de estudio. Por otro lado, se ha concluido que solo la inversión en tecnología no es suficiente para el tratamiento de los vahos generados, pues se deben considerar inversiones en la captación de vahos por sistema de ductos, implementación de sellado de ductos para evitar emisiones fugitivas (control de la hermeticidad), los que dependen del tamaño de cada planta. A partir de entrevistas, se ha estimado que los costos del equipo podrían representar sólo un 50% de la inversión total, debido a que en algunos casos es necesario realizar cambios estructurales en la planta para la correcta captación de los vahos hasta la entrada del equipo a operar.

En cuanto a las tecnologías que se han levantado de la realidad nacional, las más utilizadas son lavadores de gases para plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado, y biofiltros para plantas de alimento para peces. Las otras tecnologías levantadas corresponden a filtros de carbón, luz UV/Ozono y RTO. También se debe tener en cuenta que la incineración en calderas, realizadas por varias plantas, no se considera como tecnología ya que no genera modificaciones al flujo de vahos²⁶, si no que corresponde a una operación residual de la antigua creencia de que esto consistía en una tecnología de reducción de olores (ver Sección 5).

Con respecto a la modelación de plantas utilizando modelos de dispersión, en la Sección 6, se presentan los resultados de la modelación. Del análisis de las tasas de emisión de olores resultantes de la modelación, se obtiene que la zona con mayores emisiones corresponde a la zona de producción (para el 83% de las plantas). En 2 plantas, la zona con mayor TEO corresponde a la zona de recepción de materia prima, y solo en 1 caso, la zona corresponde a almacenamiento. Sólo una planta tiene como mayor fuente de TEO una fuente con emisión de vahos calientes. Esto probablemente se deba a que los vahos calientes, provenientes de las calderas y cocedores, son

²⁶ Para que la incineración en caldera tenga un efecto sobre el flujo de vahos, reduciendo olores, deberá actuar como una RTO, con ciertos requisitos de tiempo de residencia y temperaturas mínimas que actualmente no cumple.

aquellos que cuentan con potencial de aprovechamiento energético, por lo cual es de interés su correcta captación y uso. No así los vahos fríos, que no tienen un valor, adicionalmente hay más fuentes de vahos fríos. Se destaca que, para las plantas que no tienen EIO el comportamiento de emisión es el mismo, ya que se realiza una homologación en la emisión con aquellas que sí tienen EIO. Además, para estas plantas, al no contar con información acerca de las fuentes de emisión, se establecen tres fuentes principales: enfriador, caldera y pozo.

La propuesta regulatoria preliminar generada por la contraparte técnica, en su versión del 7 de septiembre 2021, establece como medida principal la incorporación de tecnología de reducción de olores, mayor a un lavador de gases simple. Se establece también la obligación de reporte de TEO por planta y verificación de la reducción de olores alcanzada con la medida actual (en el caso que ya cuenten con una) o implementada debido a la normativa. Adicionalmente, se debe realizar un monitoreo de gases y un sistema completo de captación y tratamiento de todos sus gases provenientes de todos los procesos de producción de harina y aceite de pescado.

Al analizar las condiciones tecnológicas de las diferentes plantas, con respecto a control de olores, solo existe 1 planta que no posee ningún tipo de tecnología para el abatimiento de olor, ubicada en el dominio de Atacama. Por otro lado, son en total 14 plantas que solo poseen tratamientos físicos con lavadores de gas de agua dulce o agua de mar. Por lo tanto, las 15 plantas mencionadas anteriormente deberán implementar una tecnología para el tratamiento de olores para dar cumplimiento a la normativa. En contraste, existen 9 plantas con tecnologías de olor más avanzadas, como tratamientos fisicoquímicos de una o dos etapas, tratamiento de oxidación térmica regenerativa (RTO), o equipos de tratamiento UV-Ozono. En el dominio Biobío se encuentran 4 plantas que poseen alguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. En términos normativos, estas 9 plantas quedan fuera de la obligación de implementar una nueva tecnología para el tratamiento de olor.

Para la evaluación del cumplimiento de la normativa se establecen tres escenarios de cumplimiento, según la medida principal a implementar, estos escenarios corresponden a la implementación de tratamiento UV/Ozono, RTO y biotrickling, respectivamente (ordenados así según su costo efectividad en el cumplimiento con la normativa, ver Sección 7.3.1). Se analiza la factibilidad de implementación de cada medida para cada planta, según las características operativas (ver Sección 7.3), este análisis se realiza bajo el supuesto general de que los titulares afectados a la normativa que tengan la obligación de implementar medidas de reducción de emisiones de olor buscarán la manera más eficiente de lograr dicho objetivo. Esto significa que buscarán las medidas que reduzcan mayor olor, a un menor costo, y para lograr esto, implementarán la medida al proceso (en este caso la zona) que genere mayores olores (en este caso TEO).

Considerando los escenarios normativos propuestos y el análisis de aplicabilidad, la Tabla 10-1 presenta un resumen de los costos unitarios de cumplimiento por escenario.

Tabla 10-1 Resumen costos unitarios (por planta) por escenario

Ítem	Costo total (UF)
Inicio	54
Cumplimiento	<u>Cumplimiento con Medida 1</u> : 8.788 – 13.705
	<u>Cumplimiento con Medida 2</u> : 34.687 – 34.717
	<u>Cumplimiento con Medida 3</u> : 36.368 – 36.398
Seguimiento	<u>Seguimiento con Medida 1</u> : 480,6 - 754
	<u>Seguimiento con Medida 2</u> : 366,9
	<u>Seguimiento con Medida 3</u> : 366,9

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los costos de la normativa, para el Estado, el valor total por seguimiento y revisión de un informa para el sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos se presenta en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2 Horas hombre estimadas para la revisión de documentación asociada al cumplimiento de la normativa para PHAs

Tipo de documentación a revisar	Costo Unitario (UF)	Frecuencia	Total (UF)
Actividades de fiscalización	41,8	9	376,2
Revisión de documentos	0.31	153	47,4
Actividades administrativas	0.31	120	37,2
TOTAL			460,8

Fuente: Elaboración propia a partir de la sección 8.2

La inestabilidad percibida del sector puede ser un factor en contra de la continuidad de las plantas en su operación, sin embargo, la propuesta regulatoria preliminar (7 de septiembre de 2021) favorece a las plantas que ya han realizado inversiones para el control de los olores, las cuales sólo deberán realizar reportes iniciales. Las plantas que actualmente no cuentan con tecnología adicional para la reducción de olores deberán realizar una inversión de entre 8.634 a 36.451 UF (ver Sección 8.1.3). Es relevante notar que, en términos económicos, según categorizaciones del Servicio de Impuestos Internos (SII) todos los titulares del sector son parte de empresas de gran tamaño, por lo cual se espera que la inversión asociada a la normativa debiera ser manejable y no generar un gran impacto en términos financieros.

El enfoque de la normativa de estándar tecnológico permite asegurar que, la inversión y esfuerzos que realicen las empresas para mejorar su operación vayan de la mano también con el control de los olores y la protección de los receptores cercanos a dichas plantas.

Finalmente, al momento de analizar la existencia de cobeneficios asociados a la normativa, al revisar documentación asociada a las PHAs nacionales, se cuenta con la información cualitativa indicada en la Tabla 10-3.

Tabla 10-3. Compuestos registrados de documentos oficiales.

Compuestos	Documentos PAP				Documentos PHA				
	D1	D2	D3	D4	MG1	D1	D2	D3	D4
CO			X			X	X	X	
H2S	X	X			X				X
HC							X		
MP	X	X	X	X				X	
MP10						X	X		
MP2,5							X		
NH3					X				
NO2		X	X			X			
NOx	X			X			X	X	
SOx	X						X		
SO2			X	X				X	
TMA	X	X			X				
VOCs					X				X

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos oficiales del SEIA (D) y monitoreo de gases (MG) disponibles.

De la tabla anterior se aprecia que los estudios de caracterización de gases son muy diversos en contenido, debido a que no existe una guía nacional al respecto sobre qué debería contener un análisis en cuanto a componentes a considerar y rangos aceptables, para poder comparar dentro de un rango de valores. Por lo tanto, es necesario establecer un estándar para indicar qué tipo contaminantes medir y bajo qué rangos de valores.

La mayoría de los valores reportados refieren a componentes no odorantes que no permiten obtener algún tipo de cobeneficios asociado a la reducción de olores. Además, no todos estos estudios dejan en claro qué procesos están incluidos. Por ejemplo, en el caso que la medición sea para toda la planta, se incluye combustión de gases en calderas, generación eléctrica y otras emisiones que no están asociadas directamente al proceso productivo de las plantas, y por tanto a la emisión de gases odorantes. A modo de conclusión, la disminución de los gases odorantes provenientes de la industria de procesamiento de recursos hidrobiológicos, en particular para plantas de harina y aceite de pescado, así como para plantas de alimento para peces, no presentarían ningún tipo de cobeneficio asociado a la reducción de olor sobre el medioambiente. Esto es relevante ya que no hay ningún costo adicional a considerar por cobeneficios a obtener por la implementación de tecnología asociada al cumplimiento de la normativa.

Como recomendación final, y considerando las limitaciones enfrentadas a lo largo del presente estudio, se puede aprovechar la instancia del establecimiento de la normativa para levantar datos operativos clave para la evaluación de olores en PHAs y PAP. Se generan las siguientes recomendaciones para considerar en el diseño de la norma de olores para el sector productivo de procesamiento de recursos hidrobiológicos:

- Levantamiento de parámetros operativos relevantes para futuras modelaciones tales como: operación horaria, diaria y mensual (procesamiento de materia prima), caracterización del flujo de vahos (para futuro establecimiento de umbrales esperados), registro de eventos de mal olor (problemas operativos, mortalidad animal, etc.), monitoreo de gases relevantes asociados a olores (por ejemplo, trimetilaminas).
- Requerimiento de plan de gestión de olores que incorpore un componente comunicacional de eventos de olor para las comunidades cercanas.
- Establecimiento de metodologías estándares y detalladas para la medición de olores (cómo, dónde, qué medir) y sistema de verificación para respaldo de dicha información (por ejemplo, fotografías de las mediciones).
- Análisis de olores por zona geográfica, considerando los efectos acumulativos de las PHAs y de otras fuentes de olor cercanas. Generar planes de gestión en conjunto para las diferentes industrias.

11. Bibliografía

- Allison, M. A., & Connor, L. J. (1994). *Agricultural Economics Report AN ANALYSIS OF LOCAL BENEFITS AND COSTS OF*.
- Aqualogy. (2014). *Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile*.
- Arthur, N., John, G., & Michelle, G. (1992). *Board of Regents of the University of Wisconsin System A Longitudinal Analysis*. 36(1), 185–205.
- Asipnor. (2019). *Protocolo 2019 Buenas Prácticas Pesqueras para la Gestión de Olores Asipnor 2019.12-x.pdf*.
- Baccheschi, A., Bimonte, S., & Ferrini, S. (2008). *Il Contingent Behaviour per la valutazione delle esternalità odorifere dell’impianto di selezione e compostaggio di “ Le Cortine” in Provincia di Siena*.
- Barbusinski, K., Kalemba, K., Kasperczyk, D., Urbaniec, K., & Kozik, V. (2017). Biological methods for odor treatment – A review. *Journal of Cleaner Production*, 152, 223–241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.093>
- Barkve, K., & Andersen, K. B. (2013). *Title: Chemical assessment of non-thermal plasma for reduction of odour emissions from pig houses CHEMICAL ASSESSMENT OF NON-THERMAL PLASMA FOR REDUCTION OF ODOUR EMISSIONS FROM PIG HOUSES*. <http://www.eng.au.dk>
- Batalhone, S., Nogueira, J., & Mueller, B. (2002). Economics of Air Pollution : Hedonic Price Model and Smell Consequences of Sewage Treatment Plants in Urban Areas. *Série Textos Para Discussão*, 234, 30. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.197.6619&rep=rep1&type=pdf>
- Beloff, B. R., Beaver, E. R., & Massin, H. (2000). Assessing societal costs associated with environmental impacts. *Environmental Quality Management*, 10(2), 67–82. [https://doi.org/10.1002/1520-6483\(200024\)10:2<67::AID-TQEM8>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1520-6483(200024)10:2<67::AID-TQEM8>3.0.CO;2-B)
- Bindra, N., Dubey, B., & Dutta, A. (2015). Technological and life cycle assessment of organics processing odour control technologies. *Science of the Total Environment*, 527–528, 401–412. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.023>
- Bokowa, A., Diaz, C., Koziel, J. A., McGinley, M., Barclay, J., Schauburger, G., Guillot, J. M., Sneath, R., Capelli, L., Zorich, V., Izquierdo, C., Bilsen, I., Romain, A. C., Del Carmen Cabeza, M., Liu, D., Both, R., Van Belois, H., Higuchi, T., & Wahe, L. (2021). Summary and overview of the odour regulations worldwide. *Atmosphere*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/atmos12020206>
- Brancher, M., Griffiths, K. D., Franco, D., & de Melo Lisboa, H. (2017). A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, 168, 1531–1570. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160>
- Brinkmann, T., Santonja, G., Yüксеle, H., Roudier, S., & Delgado, S. (2016). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. In *Official Journal of the European Union*.
- Canales, C. (2007). Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de Productos del Mar. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*, 123.

- Capelli, L., Bax, C., Diaz, C., Izquierdo, C., Arias, R., & Salas Seone, N. (2019). *Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques*. September.
- Cincar, C., Diener, A., Dobroff, F., Elliot, S., Hall, R., Jarvie, J., & Muller, A. (1997). *Odours, Aesthetics & Social-economic Aspects Of Hamilton-Wentworth's aire Quality*. 14(1), 121~128.
- Commission, E. (2000). *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*. October.
- Consultoría y Estudios Económicos y Ambientales Ltda. (2021). *ANÁLISIS INFORME AGIES: Anteproyecto Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos*.
- Corey, K., & Zappa, L. (2016). Odor Control "ABC's" How to Compare and Evaluate Odor Control Technologies. *Control*, 14.
- Defra. (2004). *Valuation of the External Costs and Benefits to Health and Environment of Waste Management Options*. 108.
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130123162956/http://www.defra.gov.uk/environment/waste/research/health/pdf/costbenefit-valuation.pdf>
- DICTUC. (2019). *ECONÓMICO DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES PARA SECTOR PORCINO ID Licitación : 608897-35-LP19 Estudio solicitado por la Subsecretaría del Medio Ambiente*.
- Dooho, P., Andrew, S., & Stephen, D. (2004). *September 2004 EDR 04-12*. 12, 1–11.
- Ecotec Ingeniería LTDA. (2013). *Antecedentes para la regulación de olores en Chile*.
- Enviometrika. (2019). *Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olores para la crianza intensiva de animales*.
- Enviometrika. (2020a). *GENERACIÓN DE ANTECEDENTES TECNICOS PARA CENTROS DE CULTIVOS Y PLANTAS DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS*.
- Enviometrika. (2020b). *Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olores para centros de cultivos y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos*.
- EUfishmeal. (2019). *EUfishmeal input to the BREF SA TWG*. 12. <https://effop.org/wp-content/uploads/2019/03/EUfishmeal-BREF-SA-Report.pdf>
- European Commission. (2005). *Integrated Pollution Prevention and Control Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries Final draft September 2003*. September.
- European Commission. (2006). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries*. *Techniques, August*.
- Eyckmans, J., De Jaeger, S., & Rousseau, S. (2011). Hedonic Valuation of Odor Nuisance Using Field Measurements: A Case Study of an Animal Waste Processing Facility in Flanders. *Land Economics*, 89(1), 53–75. <https://doi.org/10.3368/le.89.1.53>
- Garrod, G., & Willis, K. (1998). Estimating lost amenity due to landfill waste disposal. *Resources, Conservation and Recycling*, 22(1–2), 83–95.
- Germán, S., Georgitzikis, K., Scalet, B. M., Montobbio, P., Roudier, S., & Sancho, L. D. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs (Issue Final Draft)*.
- Gibbons, S., Mourato, S., & Resende, G. M. (2014). The Amenity Value of English Nature: A Hedonic Price Approach. *Environmental and Resource Economics*, 57(2), 175–196.

- <https://doi.org/10.1007/s10640-013-9664-9>
- Gobierno de Chile. (2017). *Escala de remuneraciones de servidores publicos*. 2017, 1–5.
- Gottschalk, B. (2017). *SOUTH COAST AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT Draft Staff Report Proposed Rule 415 – Odors from Rendering Facilities October 2017 Speaker of the Assembly Appointee*. October.
- Herriges, J. A., Secchi, S., & Babcock, B. A. (2005). Living with hogs in Iowa: The impact of livestock facilities on rural residential property values. *Land Economics*, 81(4), 530–545. <https://doi.org/10.3368/le.81.4.530>
- Hockman, O., Hwang, E.-G., & Rudzitis, G. (1976). *The environmental costs of landfills and incinerators*. <https://www.osti.gov/servlets/purl/7319370>
- Huan, N. H., Hai, N. X., & Yem, T. (2014). Economic valuation of health impacts of air pollution due to H2S emission from To Lich River, Vietnam. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(1), 7–13.
- Humanitarian Data Exchange. (n.d.). *Chile: High Resolution Population Density Maps + Demographic Estimates*. Retrieved October 10, 2021, from <https://data.humdata.org/dataset/chile-high-resolution-population-density-maps-demographic-estimates>
- Hurley, S. P., Miller, D. J., & Kliebenstein, J. B. (2006). Estimating willingness to pay using a polychotomous choice function: An application to pork products with environmental attributes. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 31(2), 301–317. <https://doi.org/10.2307/40987320>
- INE. (2018). *Entrega Final Censo 2017*.
- Irish Environmental Protection Agency. (2008a). BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Dairy Processing Sector. *Environmental Protection*.
- Irish Environmental Protection Agency. (2008b). *BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Manufacturing of Fish Meal & Fish Oil*.
- Israel, D. (2018). *Willingness to Pay for Reducing Global and Local Air Pollution : Evidence from Terre Haute , Indiana*. 21(1).
- Kim, J., & Goldsmith, P. (2009). A spatial hedonic approach to assess the impact of swine production on residential property values. *Environmental and Resource Economics*, 42(4), 509–534. <https://doi.org/10.1007/s10640-008-9221-0>
- Lareau, T., & Rae, D. (1989). Valuing WTP for Diesel Odor Reductions: An Application of Contingent Ranking Technique. *Southern Economic Journal*, 55(3), 728–742.
- Mardones, C. (2006). *Impacto de la percepción de la calidad del aire (percepción de malos olores) sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile*. 43.
- Milla, K., Thomas, M. H., & Ansine, W. (2005). Evaluating the effect of proximity to hog farms on residential property values: A GIS-based hedonic price model approach. *URISA Journal*, 17(1), 27–32.
- Mills, B., & Birmingham, B. (1995). *Review of methods of odour control*. February.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). *PRAS Coronel.pdf*.
- Ministerio de Salud. (2012). *Reglamento De Calderas, Autoclaves Y Equipos Que Utilizan Vapor De Agua*. [www.leychile.cl-documentogeneradoel22-ene-2014url:http://www.leychile.cl/N?i=1055319&f=2014-04-17&p=](http://www.leychile.cl/documentogeneradoel22-ene-2014url:http://www.leychile.cl/N?i=1055319&f=2014-04-17&p=)

- Ministerio del Medio Ambiente. (2017a). *Estrategia para la gestión de olores en Chile: Actualización año 2017*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017b). *Guía Metodológica de Transferencia de Beneficios*.
- Ministerio del Medio Ambiente, Caimanque, D., & Recordon, J. (2013). *Estrategia Gestión de Olores en Chile (2014-2017)*. 25.
- MMA. (2020). *Análisis General del Impacto Socioeconómico y Social del Anteproyecto Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos*. 443–486.
https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/f51_443_-_486_Informe_Agies_Olores_Porcinos__Foliado_.pdf
- Nahman, A. (2011). Pricing landfill externalities: Emissions and disamenity costs in Cape Town, South Africa. *Waste Management*, 31(9–10), 2046–2056.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.05.015>
- Palmquist, R. B., Roka, F. M., & Vukina, T. (1997). Hog Operations, Environmental Effects, and Residential Property Values. *Encyclopedia of Law and Higher Education*, 73(1), 114–124.
<https://doi.org/10.4135/9781412969024.n17>
- Pechrová, M. (2016). *Projects in Agriculture Valuation of Externalities Related to Investment Projects in Agriculture*.
- Pinasseau, A., Zerge, B., Roth, J., Canova, M., & Roudier, S. (2018). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment Industries (Draft)*.
- Rahmaninezhad, S. A., Fathi, H., & Pendashteh, A. (2015). *Odor removal from a Fish meal plant by oxidative scrubber (a pilot study)*. February.
- Ready, R. C., & Abdalla, C. W. (2005). *The amenity and disamenity impacts of agriculture: estimates from a hedonic pricing model*. 87(May), 314–326.
- Santonja, G. G., Karlis, P., , Brinkmann, T., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Food, Drink and Milk Industries*.
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download_FDM.cfm
- Saphores, J.-D., & Aguilar-Benitez, I. (2005). *Smelly local polluters and residential property values: A Hedonic analysis of four orange county (California) Cities*.
- Schenk, E., Mieog, J., & Evers, D. (2009). *Fact sheets on air emission*. February, 1–152.
www.infomil.nl
- Scottish Environment Protection Agency (SEPA). (2010). *Odour Guidance 2010*. January, 1–95.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA*.
- Stanley, W. B. M., & Muller, C. O. (2012). Choosing an Odor Control Technology – Effectiveness and Cost Considerations. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2002(5), 259–276. <https://doi.org/10.2175/193864702785140023>
- Superintendencia del Medioambiente. (2016). *Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos* (pp. 3–5).
- Superintendencia del Medioambiente. (2020). *Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para el año 2021*. 148, 148–162.
- The European IPPC Bureau. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector*. February, 472.

- <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/cww.html>
- Tomczak-Wandzel, R., Vik, E. A., & Wandzel, T. (2015). *BAT in fish processing industry*. <https://doi.org/10.6027/tn2015-566>
- Turner, G., Handley, D., Newcombe, J., & Ozdemiroglu, E. (2004). Valuation of the external costs and benefits to health and environment of waste management options Final report for Defra by Enviros Consulting Limited in association with EFTEC. *Final Report for Defra by Enviros Consulting Limited in Association with EFTEC, December*.
- US EPA. (1995). Volume I, Chapter 9: Food and Agricultural Industries. In *AP 42: Air Emissions Factors and Quantification*.
- Van Broeck, G., Bogaert, S., & De Meyer, L. (2009). *Monetary valuation of odour nuisance as a tool to evaluate cost effectiveness of possible odour resudtion techniques*. https://books.google.cl/books?hl=fr&lr=&id=vyb7yaugJOkC&oi=fnd&pg=PA42&dq=related:xN9l_oX-pr8J:scholar.google.com/&ots=38RyHJQ3c2&sig=lw8o0uSK0vXYNSKxs15wQLKQKkw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Vannucci, V., & Torsello, L. (2006). *Le emissioni odorigene: una valutazione economica*.
- Vásquez, F., & Cerda, A. (2018). *Valoración Económica del Medio Ambiente* (Issue October).
- Vijitha, A. V., Amjath-Babu, T. S., Suryaprakash, S., & Kaechele, H. (2012). Valuing multiple externalities of polluting a freshwater lake for natural fibre production: A multi attribute utility theory based approach. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 67(3), 316–322.
- Wysocka, I., Gębicki, J., & Namieśnik, J. (2019). Technologies for deodorization of malodorous gases. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(10), 9409–9434. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04195-1>
- Yi Man Li, R., & Ching Yu Li, H. (2018). Have housing prices gone with the smelly wind? Big data analysis on landfill in Hong Kong. *Sustainability (Switzerland)*, 10(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su10020341>

12. Anexo 1: Resumen documentos de buenas prácticas operacionales

Con el fin de contribuir a un adecuado manejo en materia de olores, se han levantado documentos de protocolos para buenas prácticas operacionales. Desde el año 2014, el Ministerio del Medio Ambiente comenzó un trabajo activo en conjunto con ASIPES y sus empresas asociadas para recabar antecedentes del sector. El año 2018 se conformó una mesa de trabajo para aumentar los estándares de en materia de olores, y publicar el Protocolo de buenas prácticas pesqueras para la gestión de olores. Por otro lado, la asociación ASIPNOR, consciente de la promulgación de una Estrategia para la gestión de olores en Chile (2014-2017) desarrolló igualmente el protocolo de buenas prácticas pesqueras de empresas del norte.

Protocolo de buenas prácticas ASIPES (2018) y ASIPNOR (2019)

Debido a que no es posible cuantificar el impacto real que la normativa pueda tener en los procesos, se elaboró un trabajo para generar mejoras en la gestión de olor de manera proactiva y voluntaria. Se abordaron 4 áreas de trabajo, que consistieron en la incorporación de buenas prácticas a nivel operacional como mejora continua en la gestión de olores, visitas permanentes para fortalecer el conocimiento técnico de los procesos, impulsar norma de olores mediante la entrega proactiva de información requerida por el MMA, analizar las mejores tecnologías disponibles para estar preparados ante la regulación. En sintonía con el protocolo realizado por ASIPES, se desarrolló en el norte el protocolo de buenas prácticas por la asociación ASIPNOR (2019) para plantas de la región de Arica y la región de Tarapacá. Las líneas de trabajo se refieren a las áreas de trabajo abordadas en el primer protocolo.

Figura 12-6. Plantas adheridas al protocolo de buenas prácticas

Protocolo ASIPES	Protocolo ASIPNOR
Blumar S.A. – San Vicente (Talcahuano)	Corpesca S.A. – Arica norte
Blumar S.A. – Coronel	Corpesca S.A. –Arica sur
Sociedad Pesquera Landes – Isla Rocuant	Corpesca S.A. – Iquique Oriente
Industrias Isla Quihua S.A. – Lota	Corpesca S.A. – Iquique Sur
Camanchaca Pesca Sur S.A. – Coronel	Corpesca S.A. – Mejillones
Camanchaca Pesca Sur S.A. – Isla Rocuant	Camanchaca S.A. – Iquique norte
FoodCorp Chile S.A. – Coronel	
Orizon S.A. - Coronel	

Fuente: Elaboración propia.

En particular, estos protocolos se han implementado para 14 plantas asociadas, lo que ha contribuido a una mejora en la gestión de olores de sus procesos. Sin embargo, este tipo de trabajo es de carácter voluntario, por lo que aún existen plantas que no realizan protocolos para la gestión de olores.

Otro de los estudios desarrollados que aborda la gestión de olores es el manual de buenas prácticas de pesca artesanal desarrollado por SERNAPESCA (2019), pero que solo hace énfasis en la importancia de la frescura de la materia prima para evitar generar olor en lanchas y desembarque. Por último, el manual de buenas prácticas y normas pesqueras para la sustentabilidad de los recursos (CIAM, 2014) aborda el crecimiento del sector a partir de un desarrollo sustentable en base a la normativa que regula la administración pesquera y sus acciones conjuntas. Debido a que los dos estudios mencionados anteriormente no refieren a buenas prácticas en plantas de elaboración de productos, estos documentos no son considerados en el análisis de convergencia.

A partir de los protocolos de ASIPES (2018) y ASIPNOR (2019), es posible enlistar las medidas voluntarias que se han desarrollado a partir de 7 fichas que tienen relación con toda la cadena productiva, medidas complementarias a los Procedimientos Operacionales de Saneamiento de cada empresa. A continuación, se enlistan de manera resumida los protocolos de buenas prácticas, según las fichas de control de ASIPES (2018):

1. Ficha 1: Descarga y transporte de la materia prima.
 - a. Camiones de transportes deben ser limpiados luego de la descarga.
 - b. Limpieza de descargas al menos una vez a la semana.
2. Ficha 2: Control de la frescura de la materia prima que entra al proceso productivo de harina de pescado
 - a. TVN máximo de 50 mg cada 100 g.
 - b. No acumular pesca por más de 24 horas para evitar atochamiento
 - c. Si existe TVN mayor a 50 en pozos, la planta deberá para la recepción de pesca
3. Ficha 3: Hermeticidad del proceso
 - a. Revisión de todas las posibles fugas y cierre de tornillos al inicio de cada turno
 - b. Revisión de los sellos durante el proceso. En caso de una falla se debe reparar de inmediato
4. Ficha 4: Limpieza profunda en planta
 - a. Limpieza de pozos al término de cada proceso
 - b. Limpieza diaria de pisos y canaletas
 - c. Lavado exterior de equipos al término de cada proceso
 - d. Limpieza exhaustiva de tornillos y evaporadores al termino de cada proceso
5. Ficha 5: Gestión de RILes y lodos
 - a. Limpieza periódica de estanque de RILes
 - b. Lodos generados no deben acumularse en pozos de pesca
6. Ficha 6: Mantenciones periódicas
 - a. Inspección preventiva de los ductos de vahos y válvulas
 - b. Inspección preventiva del estado de los extractores de vahos
 - c. Inspección preventiva de las bombas de suministro de agua
7. Ficha 7: Capacitación de los operarios de toda la cadena productiva

- a. Capacitación a trabajadores al inicio de cada temporada
- b. Capacitación de operarios de planta de RLEs
- c. Capacitación de trabajadores de flota en la limpieza de puntos de descarga
- d. Capacitación normativa a todos aquellos que trabajan en producción

Finalmente, pese al trabajo realizado a partir de los protocolos realizados, no se puede cuantificar de manera concreta el impacto real de generación de olor, por lo que es necesario el desarrollo de la norma para estandarizar todas las plantas afectas a la propuesta regulatoria.

13. Anexo 2: Análisis de criterio para tamaño de empresa

En general, la determinación del tamaño de una empresa depende de su capacidad de procesamiento, por ejemplo, en planteles de animales, se determina el tamaño del plantel según la cantidad de animales que tiene para el año de estudio. Para el caso de las PHA, la capacidad instalada de la planta, actualmente no es una buena fuente de la materia prima que estas procesan, ya que en los últimos años han ocurrido reducciones en la producción de plantas y estas pueden no trabajar al 100% de su capacidad. Por este motivo, se decide utilizar la materia prima real procesada cada año para la determinación de una clasificación por tamaño para estas plantas.

Es importante estar conscientes de las fluctuaciones que ha tenido el sector productivo, en particular las PHA, en los últimos años debido a la variabilidad en la demanda de los productos que general, así como las vedas de pesca y la disponibilidad de materia prima por naturales, entre otros. La Tabla 13-1 presenta las toneladas de materia prima declaradas por cada planta a SERNAPESCA, para el período 2016-2020.

Tabla 13-1 Tamaño de PHA según toneladas de materia prima procesada para el período 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	
PHA-01	658	57.106	47.132	64.841	58.006	Cambia
PHA-02	1.577	17.215	12.330	12.066	13.349	Cambia
PHA-03	72.198	56.808	51.374	70.426	65.330	Grande
PHA-04	58.532	55.168	64.892	53.154	68.199	Grande
PHA-05	44.615	35.020	43.079	46.233	39.792	Mediana
PHA-06	45.412	47.633	61.025	71.886	102.494	Cambia
PHA-07	33.574	111.632	128.065	95.234	38.205	Cambia
PHA-08	50.807	114.978	181.490	114.984	78.056	Grande
PHA-09	25.760	32.423	41.076	13.624	47	Cambia
PHA-10	55.284	131.057	121.334	128.160	56.063	Grande
PHA-11	43.185	111.150	159.371	118.922	73.341	Cambia
PHA-13	9.455	11.584	11.020	11.168	8.358	Cambia
PHA-14	3.250	3.193	564	1.215	2.442	Pequeña
PHA-15	9.203	12.166	41.484	2.767	1.395	Cambia
PHA-16	6.438	4.921	2.137	7.534	14.756	Cambia
PHA-17	29.266	57.083	50.237	50.930	53.119	Cambia
PHA-18	74.420	85.185	93.776	94.127	99.681	Grande
PHA-19	59.484	76.328	60.871	71.379	117.283	Grande
PHA-20	19.927	17.721	15.749	29.180	38.379	Mediana
PHA-21	66.143	74.062	109.482	109.724	89.596	Grande
PHA-22	5.504	3.612	3.420	1.749	957	Pequeña
PHA-23	41.932	50.290	52.904	36.446	236	Cambia
PHA-24	6.515	7.261	8.230	7.573	1.342	Pequeña

Pequeña: 0-10.000 ton: Celda Roja
 Mediana: 10.001 – 50.000 ton: Celda Azul
 Grande: sobre 50.001 ton: Celda Verde
 Fuente: SERNAPESCA

Como se puede apreciar de la Tabla 13-1 que muchas de las plantas fluctúan en tamaño para los últimos 5 años. En particular hay sólo 12 PHA que no cambian de tamaño en este período, estas se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 13-2 Clasificación de tamaño de plantas para PHA en el período 2016-2020

Pequeña	Mediana	Grande
PHA-14	PHA-05	PHA-03
PHA-22	PHA-20	PHA-04
PHA-24		PHA-08
		PHA-10
		PHA-18
		PHA-19
		PHA-21

Fuente: Elaboración propia

Las 11 plantas restantes²⁷ cambian de tamaño debido al cambio en el procesamiento de materia prima. La Figura 13-1 presenta, de manera gráfica, el cambio que hay entre los tamaños de las empresas según su procesamiento anual de materia prima.

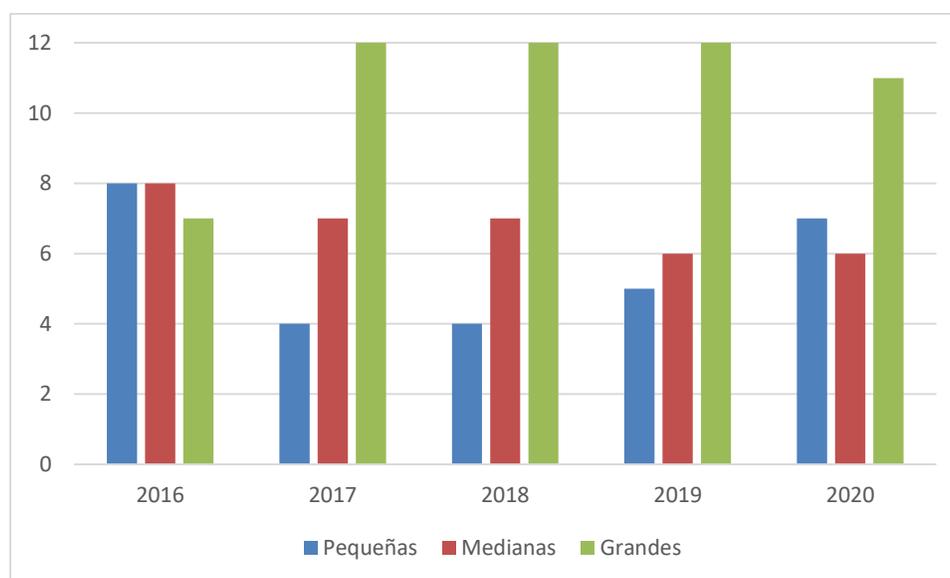


Figura 13-1 Cambios en el número de empresas por tamaño en el período 2016-2020

Fuente: Elaboración propia

Debido a todo esto, se recomienda la consideración de esta potencial variabilidad dentro de la clasificación de tamaño de una PHA al tomar su procesamiento anual de materia prima. Si se incluye, por ejemplo, el tamaño más recurrente para el período 2016-2020 todas, menos la PHA-23, contarían con una clasificación más representativa.

²⁷ No se considera en el análisis a PHA-12 ya que esta trabaja con residuos de la industria salmonera como materia prima y se tiene información de las toneladas sólo para el 2020.

14. Anexo 3: Análisis de Impacto del Tratamiento Físicoquímico

14.1 Introducción

Además de los impactos en los percentiles, se decidió estimar el efecto que tendría el escenario de reducción en horas sobre cierto umbral. A diferencia de los percentiles, este indicador no depende únicamente de la eficiencia de reducción, sino que también de cuán agudos son los episodios sobre el umbral. Ante la dificultad de repetir toda la simulación bajo un nuevo escenario, se decidió estimar la reducción de horas sobre umbral ocupando la técnica estadística de *matching*, comparando receptores de plantas con y sin tratamiento físicoquímico de vahos.

14.2 Datos y filtrado

De la simulación se cuenta con 782 observaciones para cada par planta-receptor. Cada observación posee tanto información de la fuente (tasa de emisión de cada mes, tecnología de mitigación utilizada, ubicación) como del receptor (distancia a la fuente, horas al año que se supera cierto umbral de olor, concentración promedio anual, entre otros).

El umbral que se evaluó es el de 3 OU/m³, lo que significa que el impacto estimado será una reducción de horas sobre ese umbral. Dada la baja cantidad de receptores (9) que cuentan con horas sobre ese umbral a más de 3 kilómetros de la fuente, se excluyeron todas las observaciones con distancia mayor a esta. Además de esto, se excluyó la planta PHA21 al haber algunas inconsistencias con respecto a la tecnología que posee.

14.3 Grupo tratamiento

El impacto que se desea identificar es el del tratamiento físicoquímico frente a tratamientos poco eficientes como los de agua o incluso la inexistencia de tratamiento. Se clasifican las plantas según la tecnología de la fuente, como se muestra en la Tabla 14-1.

Tabla 14-1. Clasificación de grupos

Tecnología	Grupo
No	Control
LavGases AD	
LavGases AM	
LavGases Q1	Tratamiento
LavGases Q2	
LavGases UV-O3	
RT	

Fuente: Elaboración propia

14.4 Matching

A partir de las ecuaciones ocupadas en la simulación se concluyó que las variables más relevantes para determinar las horas sobre umbral son: la distancia entre receptor y fuente; la capacidad de producción de la planta; y si la planta está en la zona norte o centro-sur (como proxy de la meteorología promedio). Se realizó un *matching* por distancia de mahalanobis con estas tres variables. El soporte de las variables post-matching se muestra a continuación. Respecto de la variable de zona geográfica, hubo 10 emparejamiento en la zona norte y 73 en la zona Centro-sur, obteniéndose una total de 166 observaciones para estimar los resultados.

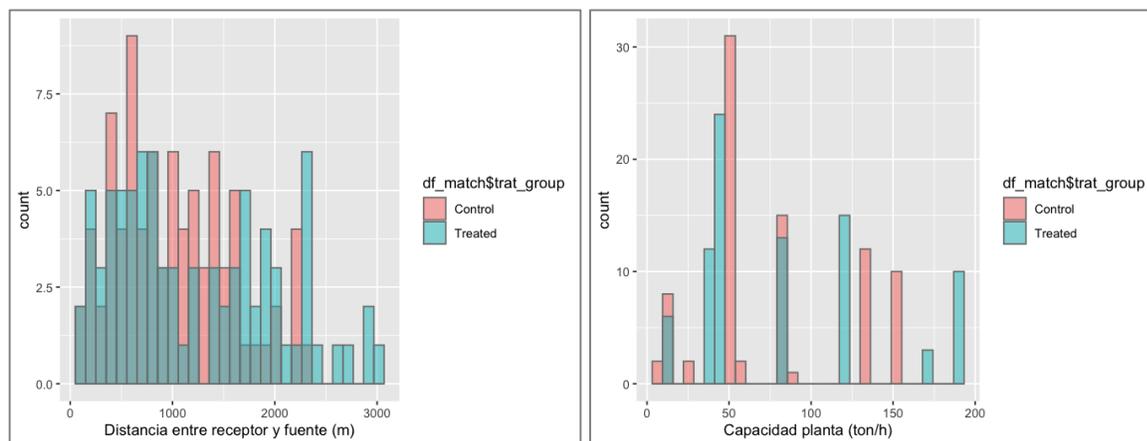


Figura 14-1. Soporte variables de control post-matching.

Fuente: Elaboración propia

14.5 Especificación

Se opta por un modelo multiplicativo, en concordancia con las ecuaciones de la simulación. La especificación preferida es la siguiente:

$$\ln(y_{pr} + 1) = \alpha + \beta\tau_p + \gamma \text{dist}_{pr} + \delta \text{cap}_p + \theta \text{zona}_p + \epsilon_{pr}$$

Donde y_{pr} son las horas al año sobre el umbral de 3 OU/m³ para cada planta p y receptor r . τ_p toma el valor de 1 si la planta p posee tratamiento fisicoquímico y 0 en el caso contrario. dist_{pr} es la distancia en metros entre el receptor r y la planta p . cap_p es la capacidad en toneladas de materia prima por hora para cada planta p . zona_p toma el valor de 1 si la planta p está ubicada en la zona norte (Antofagasta, Atacama, Tarapacá y Coquimbo) o 0 si está ubicada en la zona centro-sur (Biobío, Los Ríos y Magallanes). Los errores no están agrupados a ningún nivel. La suma de 1 dentro del logaritmo es para evitar problemas con valores iguales a ceros y es una práctica habitual en la literatura (Bellego, Benatia & Pape, 2021).

Para sensibilizar los resultados, se estimaron otras especificaciones alternativas excluyendo variables de control o cambiando su escala.

14.6 Resultados

Los resultados de las distintas especificaciones se muestran en la Tabla 14-2.

Tabla 14-2. Resultados de las regresiones

	Estadística	Modelo Preferido	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
(Intercept)	Estimate	3.448***	13.299***	4.454***	13.817***	4.348***	13.727***	16.752***
	Std Err	[0.389]	[1.295]	[0.321]	[1.366]	[0.321]	[1.386]	[1.877]
	p Value	0	0	0	0	0	0	0
Tratamiento	Estimate	-0.739**	-0.929***	-0.631**	-0.807***	-0.626*	-0.807**	-1.231***
	Std Err	[0.300]	[0.290]	[0.314]	[0.306]	[0.317]	[0.311]	[0.421]
	p Value	0.015	0.002	0.046	0.009	0.05	0.01	0.004
Distancia	Estimate	-0.002***		-0.002***		-0.002***		
	Std Err	[0.000]		[0.000]		[0.000]		
	p Value	0		0		0		
Capacidad	Estimate	0.017***	0.018***					0.025***
	Std Err	[0.004]	[0.004]					[0.006]
	p Value	0	0					0
Zona Norte	Estimate	-2.810***	-3.013***	-1.051**	-1.141**			-4.109***
	Std Err	[0.619]	[0.605]	[0.476]	[0.468]			[0.877]
	p Value	0	0	0.029	0.016			0
Log(Distancia)	Estimate		-1.753***		-1.659***		-1.666***	-2.481***
	Std Err		[0.191]		[0.201]		[0.204]	[0.276]
	p Value		0		0		0	0
	N	166	166	166	166	166	166	166
	R2	0.392	0.421	0.326	0.347	0.306	0.323	0.404
	adj R2	0.377	0.407	0.314	0.335	0.298	0.315	0.389
	AIC	691.293	683.184	706.361	701.108	709.278	705.087	806.357

Fuente: Elaboración propia

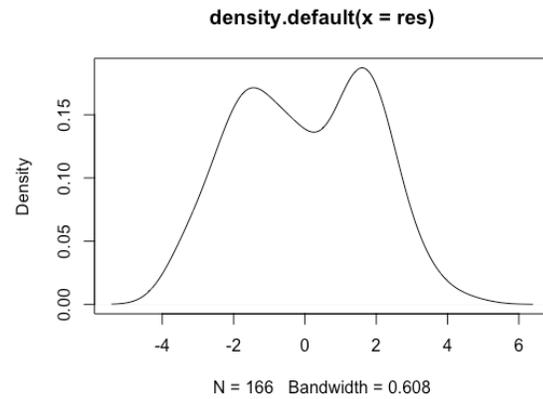
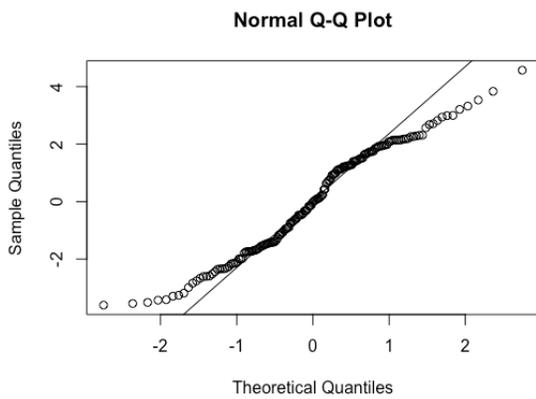
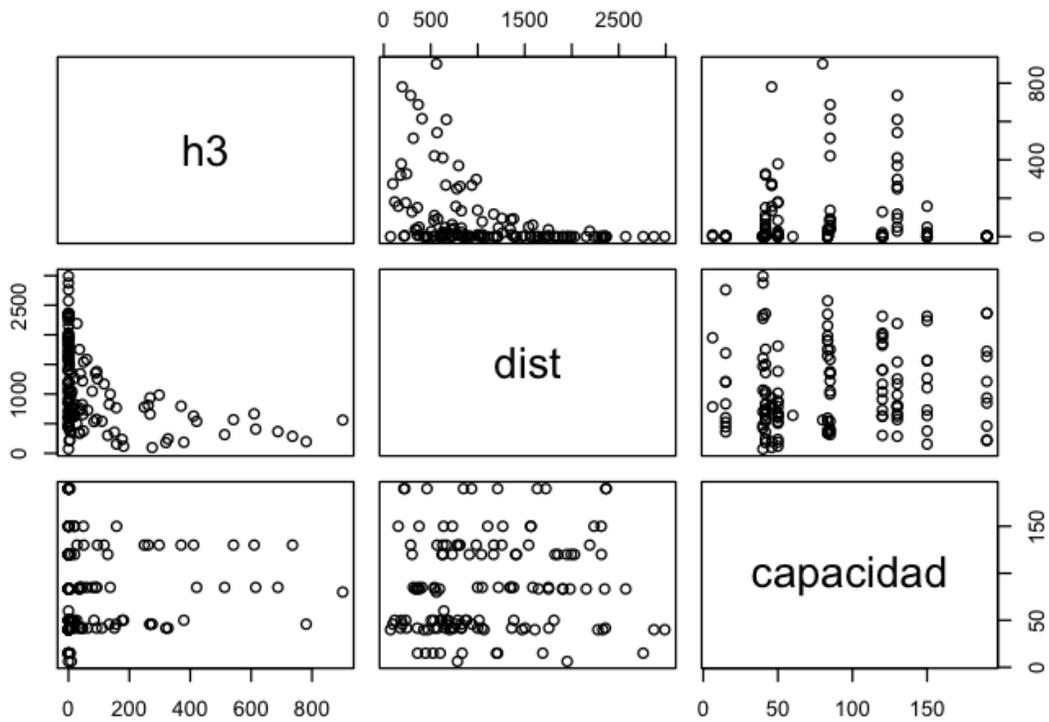
El coeficiente de interés y su intervalo de confianza al 90% para la especificación preferida son -0.739 [-1.236; -0.243]. Esto implica una eficiencia de reducción de 52.2% [70.9%; 21.6%]²⁸.

14.7 Conclusión y limitaciones

Se pudo estimar que la aplicación de tratamiento fisicoquímico genera una reducción de 60.1% en las horas al año sobre 3 OU/m³ en comparación al tratamiento solo con agua. Si bien el valor calculado se mantiene similar bajo distintas especificaciones, es importante resaltar que este corresponde solo a una aproximación de la reducción potencial. Primero, porque se han simplificado distintos tratamientos (ver Tabla 14-1) en una sola eficiencia promedio de reducción. Y segundo, por la gran cantidad de variables meteorológicas omitidas, las cuales jugaron un rol predominante en la simulación.

²⁸ Eficiencia de reducción = $1 - e^{\beta}$

14.8Anexos



15. Anexo 4: Mapas de cruce de densidad poblacional y pluma de olor por comuna

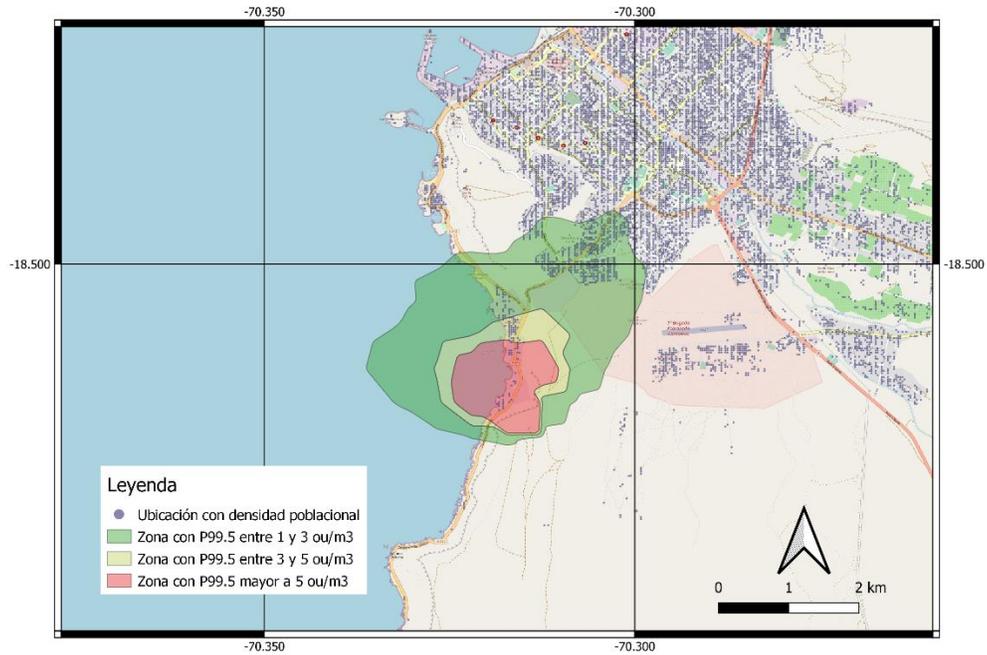


Figura 15-1 Mapa población afectada según pluma de olor, en Arica
Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

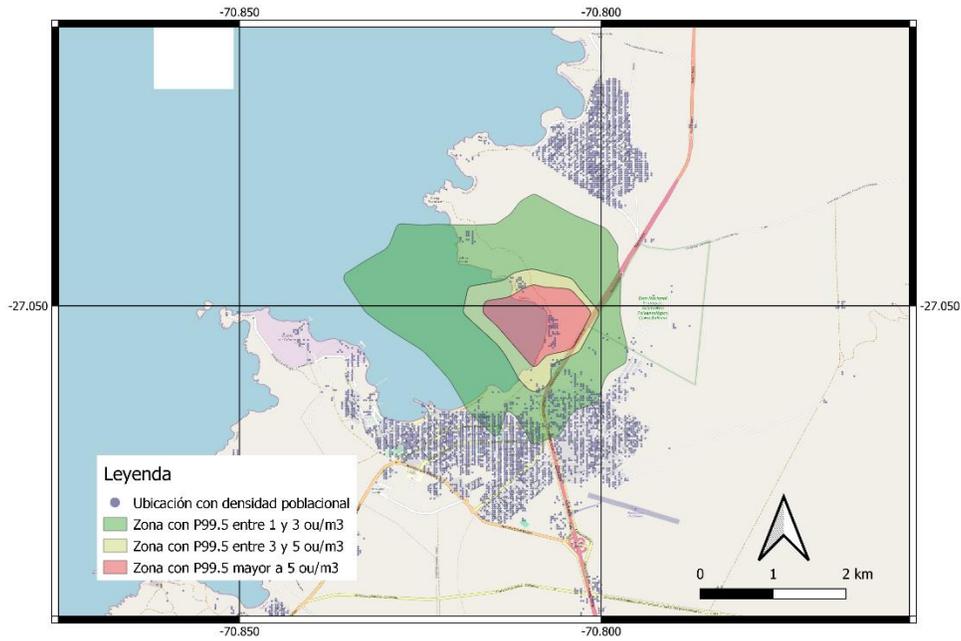


Figura 15-2 Mapa población afectada según pluma de olor, en Caldera
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

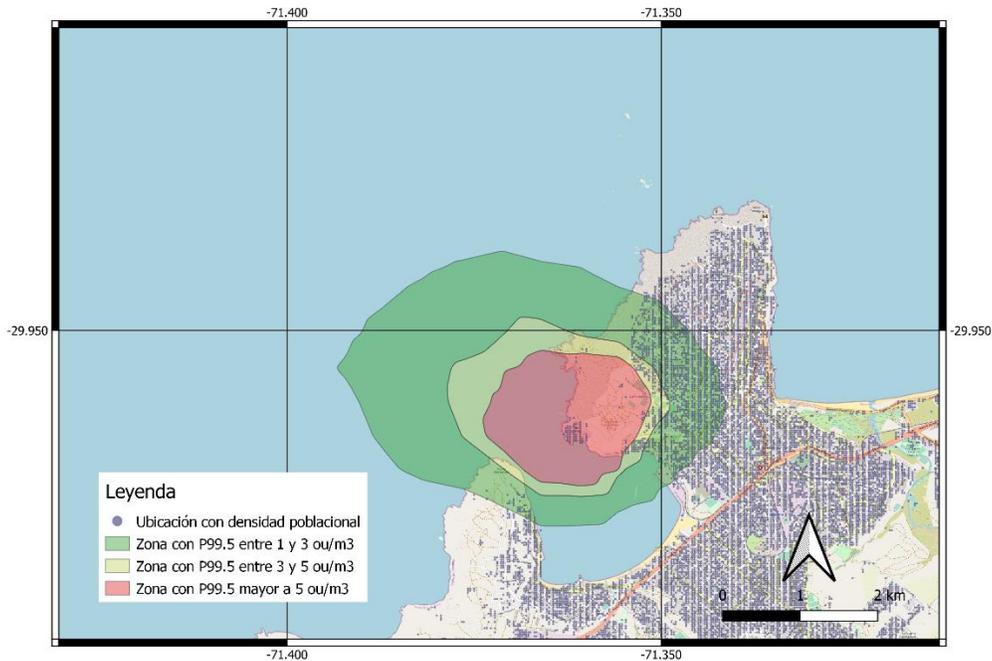


Figura 15-3 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coquimbo
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

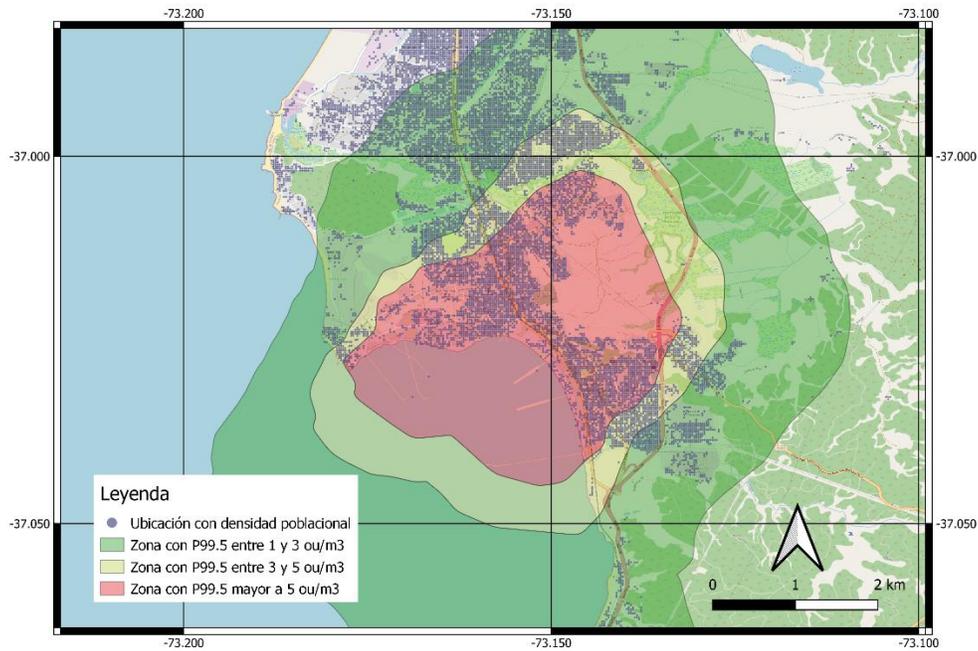


Figura 15-4 Mapa población afectada según pluma de olor, en Coronel
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

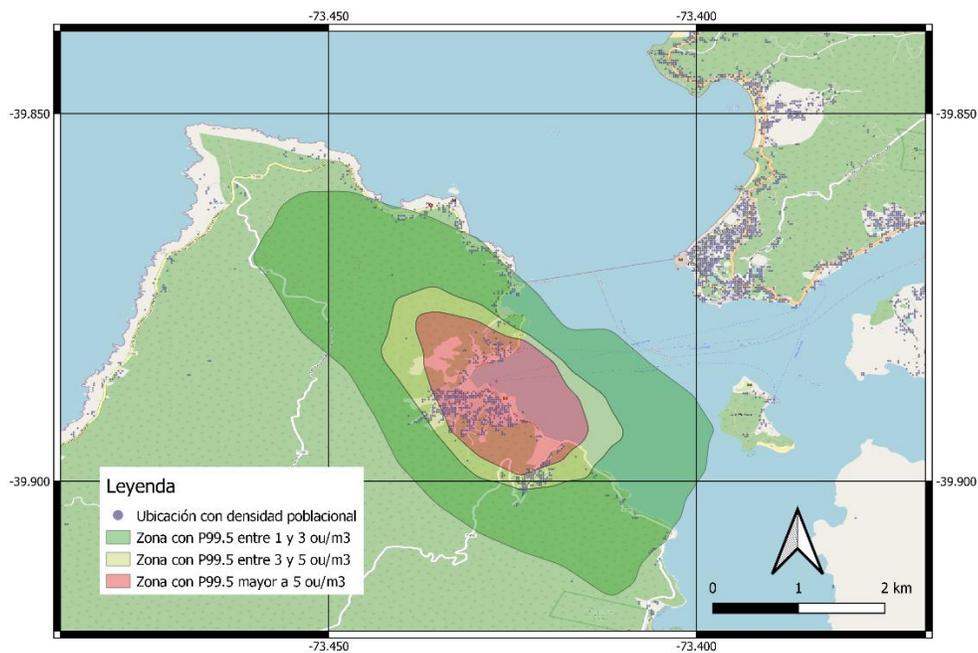


Figura 15-5 Mapa población afectada según pluma de olor, en Corral
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

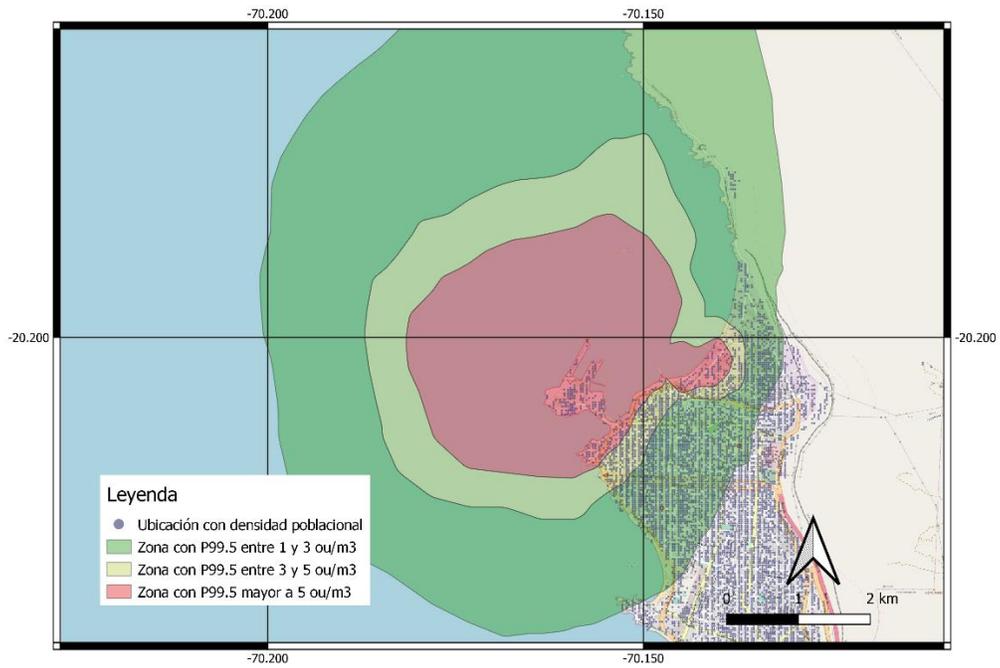


Figura 15-6 Mapa población afectada según pluma de olor, en Iquique
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

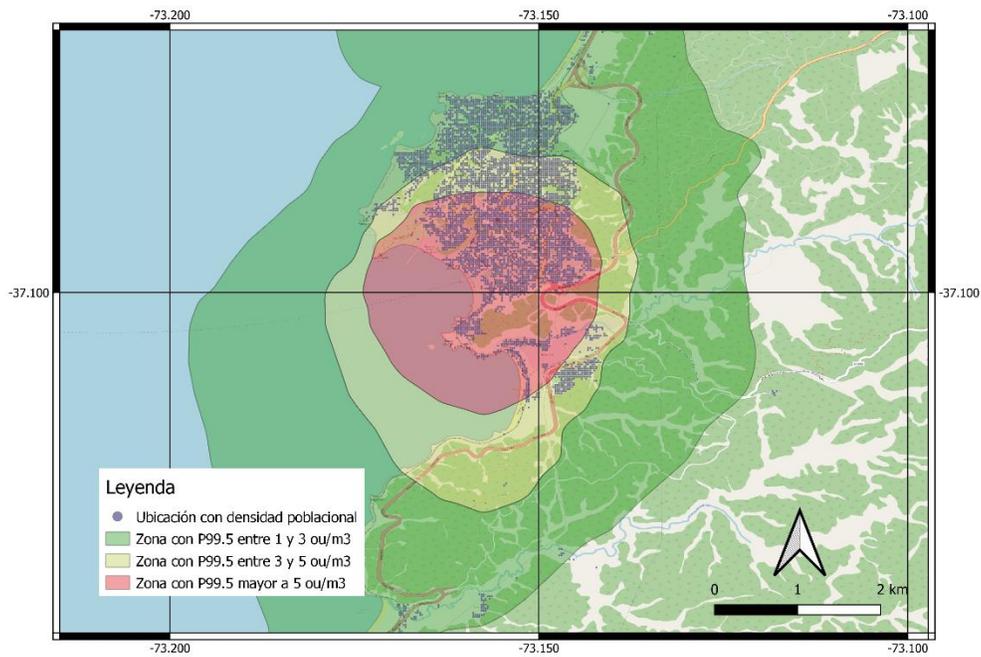


Figura 15-7 Mapa población afectada según pluma de olor, en Lota
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

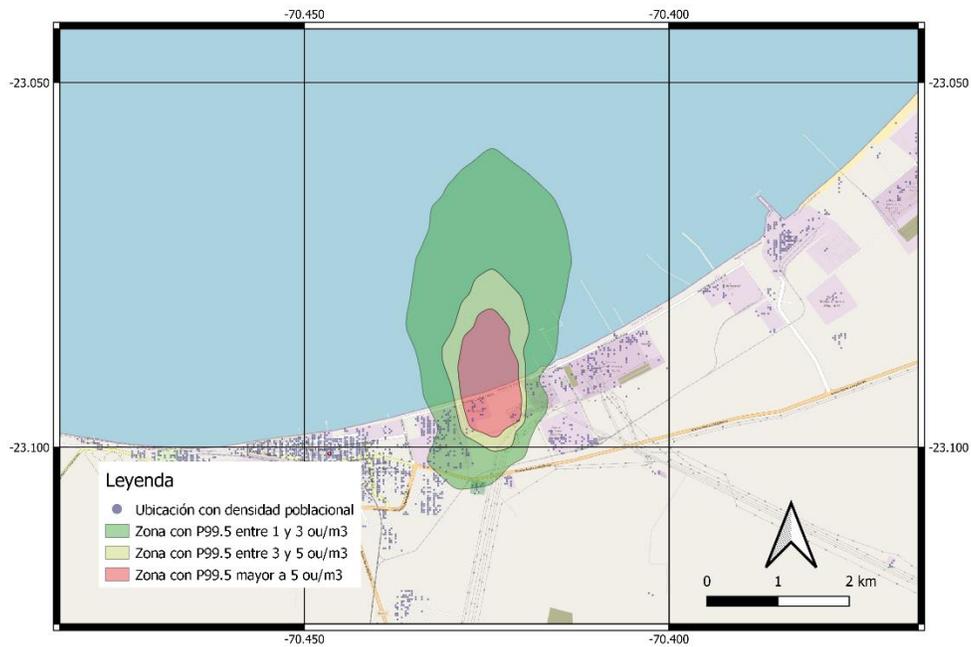


Figura 15-8 Mapa población afectada según pluma de olor, en Mejillones
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

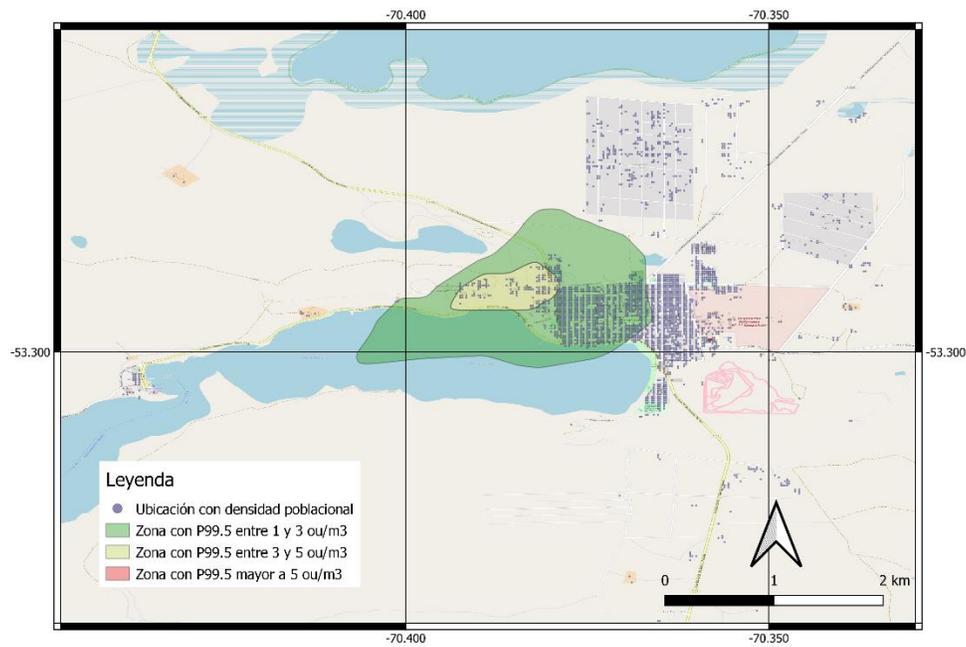


Figura 15-9 Mapa población afectada según pluma de olor, en Porvenir
 Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)

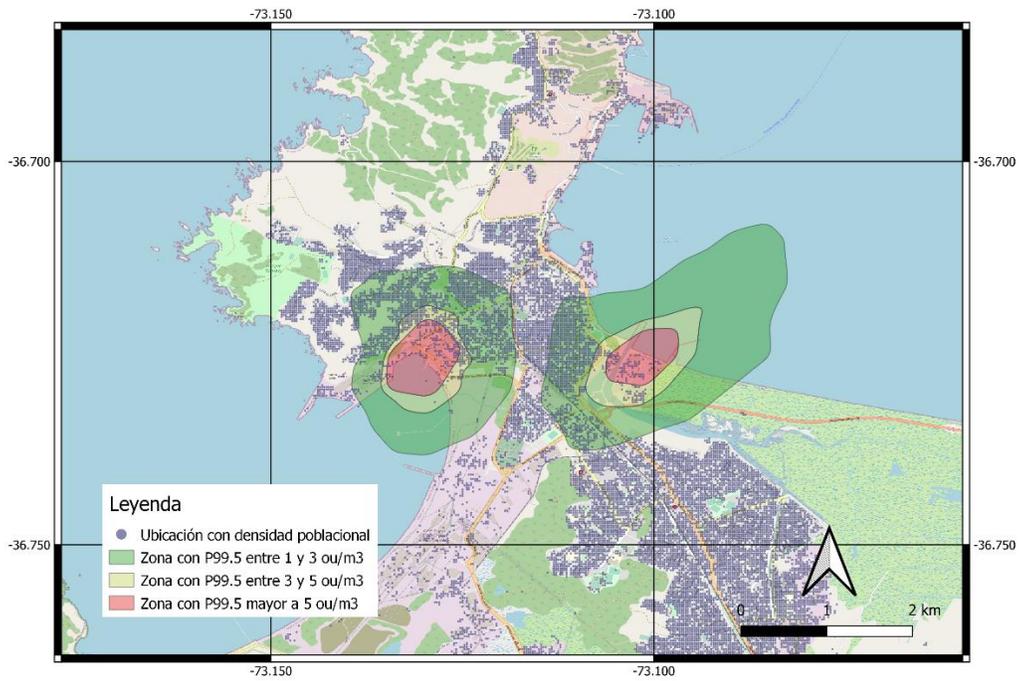


Figura 15-10 Mapa población afectada según pluma de olor, en Talcahuano

Fuente: Elaboración propia con datos poblaciones de (Humanitarian Data Exchange, n.d.)