ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES PARA SECTOR PORCINO

ID Licitación: 608897-35-LP19

Estudio solicitado por la Subsecretaría del Medio Ambiente

INFORME FINAL

Santiago, 17 de diciembre de 2019

Equipo de Trabajo

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

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

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

José Antonio Souto, Licenciado en Ciencias Químicas
Ph. D. en Ingeniería química y ambiental, Universidad de Santiago de Compostela

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

Daniela Quiroga
Ingeniera Industrial, con mención en Ambiental
diquiroga@uc.cl

Macarenna Pezo, estudiante de Ingeniería Civil Industrial
mdpezo@uc.cl

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos III

Lista de Tablas VI

Lista de Figuras IX

Acrónimos y Abreviaturas XIV

1. Antecedentes 16

2. Objetivos del estudio 17

2.1 Objetivo general 17

2.2 Objetivos específicos 17

3. Base de datos nacional de planteles porcinos 18

3.1 Desarrollo de base de datos consolidada de planteles porcinos a nivel nacional 19

3.2 Caracterización de los planteles nacionales 22

3.2.1 Planteles a nivel país (por región) 22

3.2.2 Planteles de cerdos por titular 23

3.2.3 Planteles de cerdos según tamaño 24

3.2.4 Titular, región y tamaño de los planteles 25

3.2.5 Planteles de cerdos según tipo de tratamiento 26

3.2.6 Planteles según tratamiento secundario y tamaño 27

3.2.7 Presencia de lagunas 28

3.2.8 Disposición sólida en planteles 29

4. Análisis de exigencias asociadas a la normativa de olores 31

4.1 Exigencia referida practicas operacionales para el control de emisiones y eventos de olor. 32

4.1.1 Exigencia de implementar cubiertas en pozos de homogenización o pozos purinero 35

4.2 Exigencia referida a límites de reducción de olor en fuentes que indica. 37

4.2.1 Opciones de medidas de reducción de emisiones de olor 40

4.2.2 Aplicabilidad de las medidas de reducción de emisiones 45

4.3 Exigencia referida al límite de emisión en el receptor 46

4.3.1 Opciones de medidas de reducción de emisiones de olor 46

4.3.2 Aplicabilidad de las medidas de reducción de emisiones 49

5. Convergencia entre la propuesta de norma y otros instrumentos regulatorios y otras iniciativas 51

5.1 Exigencias del PPDA de la Región Metropolitana 52

5.1.1 Reducciones de emisiones de amoniaco por plantel 53

5.1.2 Condiciones para planteles de porcinos nuevos y existentes con piscina de homogenización o pozo purinero..... 56

5.2 Análisis de planes de cumplimientos recibidos por la SEREMI del Medio Ambiente.... 56

6. Resultados de Estudio de Impacto Odorante para análisis de cumplimiento de norma.. 59

6.1 Identificación de planteles a modelar..... 60

6.2 Metodología 62

6.2.1 Consideraciones 63

6.2.2 Modelación de la dispersión atmosférica 76

6.2.3 Escenarios de modelación..... 76

6.3 Resultados 77

6.3.1 Validación meteorológica (actividad adicional) 78

6.3.2 Modelación de dispersión atmosférica de olor..... 83

7. Identificación y Estimación de Costos y Beneficios Económicos y Ambientales 147

7.1 Recopilación bibliográfica sobre los beneficios económicos y ambientales cuantificables y no cuantificables respecto a normativa de olores existentes a nivel internacional..... 149

7.1.1 Identificación y cuantificación de impactos asociados a la exposición de olores. 149

7.1.2 Valoración de beneficios ambientales asociados a la implementación de una normativa de olores 157

7.2 Estimación de los beneficios y de los co-beneficios atribuibles a una mejora en la reducción de olores 162

7.2.1 Cobeneficio de reducción de la concentración de $MP_{2.5}$..... 166

7.2.2 Cobeneficio asociado al biogás generado por la implementación de un Biodigestor 171

7.3 Análisis de costos para los planteles porcinos que aplique la norma..... 174

7.4 Análisis económico respecto a cómo afecta la propuesta de Norma a empresas pequeñas, medianas y grandes 191

7.5 Costos para el Estado por fiscalización de la norma 200

7.6 Evaluación de los costos y beneficios asociados a los escenarios regulatorios propuestos 203
7.6.1 Consideraciones ... 204
7.6.2 Desarrollo del ACB ... 206
8. Difusión de resultados ... 217
8.1 Consultas y respuestas ... 218
8.1.1 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Rancagua (22 de noviembre) ... 218
8.1.2 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Talca (3 de diciembre) ... 220
8.1.3 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Santiago (5 y 6 de diciembre) ... 222
9. Conclusiones ... 226
10. Bibliografía ... 230
11. Anexos ... 234
11.1 Anexo 1: Tipos de fuentes de emisión de olores en planteles porcinos ... 234
11.2 Anexo 2: Pauta Entrevista Reguladores ... 235
11.2.1 Versión Español ... 235
11.2.2 Versión Ingles ... 237
11.3 Anexo 3: Resumen de respuestas recibidas ... 238
11.3.1 Australia ... 238
11.3.2 Reino Unido ... 239
11.3.3 Alemania ... 243
11.3.4 Dinamarca ... 244
11.4 Anexo 4: Medidas de reducción de emisiones ... 246
11.5 Anexo 5: Actividad adicional - validación de modelo meteorológico ... 253
11.6 Anexo 6: Comparación metodología receptores mallados frente a discretos (*gridded vs discreted*) ... 263
11.7 Anexo 7: Desarrollo modelo Gaussiano ... 268
11.8 Anexo 8: Actividad adicional: Validación del modelo de penacho gaussiano ... 272
11.9 Anexo 9: Información relativa a lagunas anaeróbicas ... 280
11.10 Anexo 10: Lista de asistentes y fotografías de las actividades de difusión ... 282

Lista de Tablas

Tabla 3-1 Número de planteles de cerdos por región 23
Tabla 3-2 Número de planteles de cerdos por titular 24
Tabla 3-3 Número de planteles de cerdos según tamaño de plantel 25
Tabla 3-4 Número de planteles por titular, según región y tamaño del plantel 26
Tabla 3-5 Número de planteles según tipo de tratamiento 27
Tabla 3-6 Tratamiento secundario, según tamaño de plantel 28
Tabla 3-7 Categorización de lagunas o cuerpos de agua 29
Tabla 3-8 Número de planteles que tienen lagunas de purín crudo, por tamaño 29
Tabla 3-9 Número de planteles según tipo de disposición sólida 30
Tabla 4-1 Categorización de tamaños planteles acuerdo al número de animales 31
Tabla 4-2 Identificación cualitativa de costos y consideraciones de medidas operacionales para reducción de olores (infraestructura necesaria para la reducción de emisiones de olor) 34
Tabla 4-3 Opciones de cubiertas para pozos de homogenización 36
Tabla 4-4 Planteles afectos a la exigencia de cubrir pozos de homogenización 37
Tabla 4-5 Límites de reducción de olor en laguna 37
Tabla 4-6 Descripción de los planteles porcinos para identificar excepciones a la exigencia 39
Tabla 4-7 Cobertura a lagunas 41
Tabla 4-8 Costos cubiertas de lagunas 42
Tabla 4-9 Sistema atomización agentes neutralizantes 43
Tabla 4-10 Tratamiento biológico nitrificación – desnitrificación 43
Tabla 4-11 Biodigestor 44
Tabla 4-12 Potencial de aplicabilidad de las medidas 45
Tabla 4-13 Eficiencia promedio de las medidas de reducción de emisiones 46
Tabla 4-14 Límite máximos de emisión de olores para planteles existentes 46
Tabla 4-15 Filtro o scrubber – en pabellón 47
Tabla 4-16 Compostaje 48
Tabla 4-17 Túnel como sistema de ventilación del pabellón 48
Tabla 4-18 Análisis de requerimiento de medidas adicionales para dar cumplimiento a la exigencia de límite de concentración en el receptor 49
Tabla 4-19 Eficiencia promedio de las medidas de reducción de emisiones 50
Tabla 5-1 Reducción de emisiones de amoniaco por plantel 53
Tabla 5-2 Planteles afectos a reducción de emisiones de amoniaco 54
Tabla 5-3 Análisis de reducción en el proceso completo de manejo del purín para diferentes medidas de reducción de emisiones de amoniaco 55
Tabla 5-4 Planteles con obligación de implementar medidas de reducción de emisiones 55
Tabla 5-5 Resumen planes de cumplimiento PPDA de la RM 57
Tabla 6-1 Caracterización de planteles modelados 62
Tabla 6-2 Factores de emisión para pabellones 65

Tabla 6-3 Factores de emisión para planteles que cuentan con sistema de eliminación de materia orgánica del purín 66
Tabla 6-4 Factores de emisión para planteles que no cuentan con sistema de eliminación de materia orgánica del purín 66
Tabla 6-5 Exigencias asociadas a la propuesta de norma de olores 77
Tabla 6-6 Criterios de validez para características meteorológicas 78
Tabla 6-7 Resumen estadístico de la validación de WRF frente a las estaciones meteorológicas superficiales 81
Tabla 6-8 Identificación de fuentes de emisión PP-39 85
Tabla 6-9 Resultados modelación de escenarios en PP-39 (ou_E/m^3, percentil 98) 87
Tabla 6-10 Identificación de fuentes de emisión de PP-121 89
Tabla 6-11 Resultados modelación de escenarios en PP-121 (ou_E/m^3, percentil 98) 92
Tabla 6-12 Identificación de fuentes de emisión de PP-10 94
Tabla 6-13 Resultados modelación de escenarios en PP-10 (ou_E/m^3, percentil 98) 98
Tabla 6-14 Identificación de fuentes de emisión de PP-101 100
Tabla 6-15 Resultados modelación de escenarios en PP-101 (ou_E/m^3, percentil 98) 103
Tabla 6-16 Identificación de fuentes de emisión del plantel PP-59 105
Tabla 6-17 Resultados modelación de escenarios en PP-59 (ou_E/m^3, percentil 98) 108
Tabla 6-18 Identificación de fuentes de emisión del plantel PP-113 110
Tabla 6-19 Resultados modelación de escenarios en PP-113 (ou_E/m^3, percentil 98) 113
Tabla 6-20 Identificación de fuentes de emisión de PP-114 115
Tabla 6-21 Resultados modelación de escenarios en PP-114 (ou_E/m^3, percentil 98) 118
Tabla 6-22 Identificación de fuentes de emisión de PP-14 120
Tabla 6-23 Resultados modelación de escenarios en PP-14 124
Tabla 6-24 Identificación de fuentes de emisión de PP-21 127
Tabla 6-25 Resultados modelación de escenarios en PP-21 (ou_E/m^3, percentil 98) 130
Tabla 6-26 Identificación de fuentes de emisión de PP-49 132
Tabla 6-27 Resultados modelación de escenarios en PP-49 (ou_E/m^3, percentil 98) 135
Tabla 6-28 Identificación de fuentes de emisión de PP-98 137
Tabla 6-29 Resultados modelación de escenarios en PP-98 (ou_E/m^3, percentil 98) 141
Tabla 6-30 Resumen de escenarios evaluados para los 11 planteles modelados 146
Tabla 7-1 Resumen de cobeneficios asociados a una norma de olores para planteles porcinos 151
Tabla 7-2 Países y regiones que poseen normativa asociada a olores 152
Tabla 7-3 Resumen de la información entregada por los contactos internacionales 155
Tabla 7-4 Resumen documentos que estiman el costo social de la externalidad “olores” 159
Tabla 7-5 Costo social seleccionados para análisis 163
Tabla 7-6 Resultados transferencia de beneficios 164
Tabla 7-7 Factores utilizados para la estimación de la emisión de amoniaco en planteles porcinos 167
Tabla 7-8 Reducción de emisiones de amoniaco asociada a las medidas de reducción de olores 168

Tabla 7-9 Supuestos utilizados para la estimación de generación de biogás en biodigestores. 172
Tabla 7-10 Supuestos utilizados para la valorización de cobeneficios por generación de biogás 173
Tabla 7-11 Exigencias a los planteles asociada a la propuesta de norma de olores 175
Tabla 7-12 Eficiencia y costos de medidas de reducción de olores analizadas 176
Tabla 7-13 Información requerida por reporte de inicio, cumplimiento y/o seguimiento 179
Tabla 7-14 Planteles que deberán implementar medidas de reducción de emisiones 181
Tabla 7-15 Costos a utilizar para la estimación 181
Tabla 7-16 Reportes a realizar en función de la exigencia y tamaño del plantel 182
Tabla 7-17 Costos para los planteles asociados al cumplimiento de la normativa 184
Tabla 7-18 Ejemplo de costos de cumplimiento de normativa 185
Tabla 7-19 Distribución de planteles según tamaño, utilizada para el ACB 185
Tabla 7-20 Escenarios de exigencias evaluados 186
Tabla 7-21 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles pequeños 187
Tabla 7-22 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles medianos 189
Tabla 7-23 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles grandes 190
Tabla 7-24 Costos asociados a normas de emisión para planteles porcinos en función del tamaño del plantel 192
Tabla 7-25 Costos totales por tamaño de plantel asociados al cumplimiento de las normativas 193
Tabla 7-26 Comparación de tamaño de plantel según número de animales y tamaño económico de la empresa 195
Tabla 7-27 Distribución de los planteles por región y tamaño económico 197
Tabla 7-28 Planteles afectos a la exigencia de cubrir sus pozos de homogenización 198
Tabla 7-29 Planteles afectos a la exigencia de implementar cubiertas (pequeños) o tecnología (medianos y grandes) en laguna 198
Tabla 7-30 Planteles afectos a la exigencia de límite de concentración de olor en el receptor 199
Tabla 7-31 Costo promedio de inversión y operación para los planteles chilenos 199
Tabla 7-32 Costos totales promedio asociados al cumplimiento de la norma (sólo en términos de implementación de medidas), por tamaño de plantel 200
Tabla 7-33 Resumen presupuesto actividades de fiscalización 2018 para PPDA 201
Tabla 7-34 Costo de actividades de fiscalización por ítem 202
Tabla 7-35 Costos de gestión y seguimiento del PDA 203
Tabla 7-36 Costos tecnológicos para el cumplimiento normativo del plantel PP-21 208
Tabla 7-37 Tasas de emisión Línea Base y Escenario Evaluado 208
Tabla 7-38 Estimación del Beneficio Social por Reducción de Olor asociado al PP-21 210
Tabla 7-39 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Pequeños 212
Tabla 7-40 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Medianos 214

Tabla 7-41 Medidas de reducción de emisiones de olor implementadas en planteles grandes para dar cumplimiento al límite de concentración en el receptor 215
Tabla 7-42 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Grandes 216
Tabla 8-1 Lugares y fechas de realización de actividades de difusión de resultados..... 217
Tabla 9-1 Planteles afectos a las exigencias de la norma de olores, según tamaño 227
Tabla 11-1 Comparación del esquema de producción porcina para Chile y Europa..... 248
Tabla 11-2 Eficiencia y costos de medidas de reducción de olores..... 249

Lista de Figuras

Figura 3-1 Distribución de los planteles de cerdos según la región 23
Figura 3-2 Distribución de planteles de cerdos por titular 24
Figura 3-3 Número de planteles de cerdos según tamaño de plantel 25
Figura 3-4 Distribución de los planteles según tipo de tratamiento 27
Figura 3-5 Distribución de los planteles según tipo de disposición sólida 30
Figura 6-1 Ubicación de los planteles porcinos en el país 61
Figura 6-2 Diagrama de la metodología de modelado 63
Figura 6-3 Algoritmo de toma de decisiones para definir las fuentes de emisión asociadas a al proceso de producción animal mediante imagen satelital 64
Figura 6-4 Descripción gráfica de las variables que definen la emisión desde una fuente de área o difusa..... 68
Figura 6-5 Metodología aplicada para obtener la meteorología local de entrada para realizar el análisis de dispersión atmosférica 69
Figura 6-6 Dominios anidados de simulación WRF sobre la zona de estudio 70
Figura 6-7 Distribución de la malla para cada dominio utilizado 71
Figura 6-8 Ubicación de los planteles a modelar dentro de los dominios de WRF 73
Figura 6-9 Distancia de separación desde el límite de actividad de la industria hasta el límite de propiedad más cercano 74
Figura 6-10 Distancia de separación del límite de actividad de la industria al límite de actividad del uso de la tierra 75
Figura 6-11 Ubicación de las estaciones meteorológicas que reportan mediciones a la NOAA (marrón), de la red nacional SINCA (amarillo) y ubicación de los planteles (celeste)..... 80
Figura 6-12 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación SCEL_855740..... 82
Figura 6-13 Ubicación del plantel PP-39 en conjunto con sus fuentes de emisión..... 84
Figura 6-14 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-39..... 84
Figura 6-15 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-39..... 85
Figura 6-16 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-39 86
Figura 6-17 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-39 87

Figura 6-18 Ubicación del plantel PP-121 en conjunto con sus fuentes de emisión 88
Figura 6-19 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-121 89
Figura 6-20 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-121 90
Figura 6-21 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-121 91
Figura 6-22 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-121 92
Figura 6-23 Ubicación del plantel PP-10 en conjunto con sus fuentes de emisión 93
Figura 6-24 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-10 94
Figura 6-25 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-10 95
Figura 6-26 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-10 96
Figura 6-27 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-10 97
Figura 6-28 Ubicación del plantel PP-101 en conjunto con sus fuentes de emisión 99
Figura 6-29 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-101 100
Figura 6-30 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-101 100
Figura 6-31 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-101 101
Figura 6-32 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-101 102
Figura 6-33 Ubicación del plantel PP-59 en conjunto con sus fuentes de emisión 104
Figura 6-34 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-59 104
Figura 6-35 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-59 105
Figura 6-36 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-59 106
Figura 6-37 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-59 107
Figura 6-38 Ubicación del plantel PP-113 en conjunto con sus fuentes de emisión 109
Figura 6-39 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-113 109
Figura 6-40 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-113 110
Figura 6-41 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-113 111
Figura 6-42 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-113 112
Figura 6-43 Ubicación del plantel PP-114 en conjunto con sus fuentes de emisión 114
Figura 6-44 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-114 114
Figura 6-45 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-114 115
Figura 6-46 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-114 116
Figura 6-47 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-114 117

Figura 6-48 Ubicación del plantel PP-14 en conjunto con sus fuentes de emisión 119
Figura 6-49 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-14 119
Figura 6-50 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-14 121
Figura 6-51 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-14 122
Figura 6-52 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-14 123
Figura 6-53 Ubicación del plantel PP-21 en conjunto con sus fuentes de emisión 126
Figura 6-54 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-21 126
Figura 6-55 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-21 127
Figura 6-56 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-21 128
Figura 6-57 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-21 129
Figura 6-58 Ubicación del plantel PP-49 en conjunto con sus fuentes de emisión 131
Figura 6-59 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-49 131
Figura 6-60 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-49 132
Figura 6-61 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-49 133
Figura 6-62 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-49 134
Figura 6-63 Ubicación del plantel PP-98 en conjunto con sus fuentes de emisión 136
Figura 6-64 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-98 137
Figura 6-65 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-98 138
Figura 6-66 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-98 139
Figura 6-67 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-98 140
Figura 6-68 Distribución de tasas de emisión de olor por tipo de fuente y plantel 142
Figura 6-69 Distribución de los niveles de concentración de olor en inmisión en los receptores por tipo plantel en su línea base 143
Figura 6-70 Distribución de los niveles de concentración de olor en inmisión en los receptores por tipo plantel en su línea base en función de su distancia al plantel 144
Figura 6-71 Distribución de tasas de emisión de olor pabellones/tratamiento por tamaño plantel 145
Figura 7-1 Metodología transferencia de beneficios 164
Figura 7-2 Modelo conceptual de emisión y remoción de amoniaco 166
Figura 7-3 Distribución de planteles pequeños por tamaño económico de la empresa 196
Figura 7-4 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-21 – Línea Base 209
Figura 7-5 Niveles de concentración promedio horario Escenario Exigencia Tecnología Reducción 70% 209

Figura 11-1 Variables que definen a una fuente puntual 234
Figura 11-2 Variables que definen a una fuente difusa o de área 234
Figura 11-3 Variables que definen a una fuente difusa o de área 235
Figura 11-4 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Codelco 255
Figura 11-5 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Chillán 257
Figura 11-6 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Rancagua 259
Figura 11-7 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación SCVM_859212 261
Figura 11-8 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Talagante 263
Figura 11-9 Malla equidistante con los receptores situados en los nodos y sus niveles de concentración. En rojo el promedio de concentración en la celda 265
Figura 11-10 Método de interpolación lineal 266
Figura 11-11 Isodora de 3 ou_E/m^3 aplicando interpolación lineal 267
Figura 11-12 Receptor discreto (color morado) situado en el interior de una malla regular 267
Figura 11-13 Receptor discreto (color morado) afectado por varios puffs situado en el interior de una malla regular 268
Figura 11-14 Niveles de concentración (ou/m3) en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-14. 274
Figura 11-15 Rosa de vientos y distribución de Weibull del plantel PP-14. 276
Figura 11-16 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-14. 278
Figura 11-17 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-10. 279
Figura 11-18 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-121. 280
Figura 11-19 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Rancagua con servicios públicos y academia 284
Figura 11-20 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Talca con servicios públicos y academia 286
Figura 11-21 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Santiago con profesionales de la Seremi de Medio Ambiente RM de diversas áreas 287
Figura 11-22 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Santiago con el Comité Operativo Ampliado 289
Figura 11-23 Fotos de la actividad de difusión realizada en Talca con servicios públicos y academia (3 de diciembre) 290
Figura 11-24 Actividad de difusión realizada en Santiago con profesionales de la Seremi de Medio Ambiente RM (5 de diciembre) 291

Figura 11-25 Fotos de la actividad de difusión realizada en Santiago con Comité Operativo Ampliado (6 de diciembre) 292

Acrónimos y Abreviaturas

ACB:	Análisis Costo Beneficio
AGIES:	Análisis General del Impacto Económico y Social
ASPROCER:	Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile
BAT:	Best Available Techniques
CFD :	Computational Fluid Dynamics
CH_4 :	Metano
CLP:	Pesos de Chile
CNE:	Centro Nacional de Energía
CO_2:	Dióxido de carbono
DAF:	Dissolved Air Flotation
DEM:	Digital Surface Modeling
DIA:	Declaración de Impacto Ambiental
DIPRES:	Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile
EPA:	Environmental Protection Agency
EUR:	Euros
FE:	Factor de emisión
GBP	Great Britain pound
GEI:	Gas de Efecto Invernadero
GFS:	Global Forecast System
HH:	Horas hombre
H_2S:	Hidrogeno de sulfuro
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
INIA:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
IPPC:	Integrated Pollution Prevention and Control
MINSEGPRES:	Ministerio Secretaría General de la Presidencia
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente
MMIF:	Mesoscale Model Interface Program
$MP_{2.5}$:	Material particulado fino
MP_{10}:	Material particulado respirable
MTD:	Mejores Técnicas Disponibles
NCEP:	National Centers for Environmental Prediction
NH_3:	Amoniaco
NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration
N.A:	No aplica
OCDE:	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
PGO:	Plan de Gestión de Olores
POE:	Procedimientos Operacionales Estandarizados
PPC:	Paridad de Poder de Compra
PPDA:	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica
PPCEO	Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias de Olor

RCA:	Resolución de Calificación Ambiental
RE:	Resolución Exenta
RM:	Región Metropolitana
RRTM:	Rapid Radiative Transfer Model
SAG:	Servicio Agrícola y Ganadero
SEA:	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA:	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SEPA:	Scottish Environment Protection Agency
SEREMI:	Secretarías Regionales Ministeriales
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SINCA:	Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire
SMA:	Superintendencia del Medio Ambiente
SU:	Sniffing Unit
S.I:	Sin información
TCA:	Total cost of acquisition
TEO:	Tasas de emisión de olor
UDT:	Unidad de Desarrollo Tecnológico
UF:	Unidad de Fomento
USEPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
USGS:	United States Geological Survey
USD:	Dólares de Estados Unidos

Formato

"**.**" separador decimal
"**,**" separador de miles

1. Antecedentes

La Estrategia para la Gestión de Olores en Chile, actualización año 2017, contiene dentro de sus pilares, el fortalecimiento regulatorio de olores. En este contexto, a través de la Resolución Exenta N°1081 del día 14 de noviembre de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, inicia el proceso para la elaboración de anteproyecto de la "Norma de Emisión de Contaminantes en Planteles Porcinos que, en función de sus olores, generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población", en adelante "Norma de Emisión de Olores del Sector Porcino", publicado en el Diario Oficial el 15 de noviembre de 2018.

En septiembre de 2018, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) inició el estudio "Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para la Crianza Intensiva de Animales", el cual finalizó en marzo 2019 y actualmente se avanza en la formulación de una norma de emisión focalizada en la actividad de crianza y/o engorda de animales para el sector porcino, cuyo sector lidera la problemática de olores, evidenciada a través de las denuncias a la Superintendencia de Medio Ambiente.

La presente consultoría constituye un insumo relevante para elaborar el análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de Norma de Emisión de Olores del Sector Porcino, tal como lo mandata el artículo 15° del Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, DS N°38/13 de MINSEGPRES.

2. Objetivos del estudio

2.1 Objetivo general

Contar con los antecedentes y una evaluación económica de escenarios de regulación para la Norma de Emisión de Olores del Sector Porcino.

2.2 Objetivos específicos

1. Consolidar una base de datos nacional de planteles porcinos, así como también consolidar información sobre propuesta de medidas del anteproyecto de norma.
2. Evaluar las emisiones proyectadas de escenarios de regulación propuestos por el MMA y un escenario sin medidas (línea base) para emisiones de olor en planteles porcinos.
3. Identificar y estimar los costos y beneficios económicos y ambientales, tanto cuantificables como no cuantificables, asociados a la propuesta normativa.
4. Presentar en actividades de difusión los resultados intermedios y finales del Estudio.

3. Base de datos nacional de planteles porcinos

El primer objetivo específico de la consultoría busca la generación de una base de datos unificada de los planteles porcinos del país. Para dar cumplimiento a este objetivo se recopila la información levantada en diferentes estudios, de manera de generar una sola base de datos con la mejor información disponible para cada plantel porcino del país. El presente capítulo tiene por objetivo construir una base de datos nacional de planteles porcinos basándose en la información que se ha levantado de estos durante los últimos años.

La base de datos a generada es un importante insumo para el análisis de la normativa de olores y su impacto sobre el sector porcino nacional. Al definir las características de la normativa a proponer se identifican los planteles que estarán afectos a las exigencias planteadas por la nueva normativa. Así también, considerando la información recopilada para cada plantel, se podrán estimar los costos y beneficios asociados a la implementación de la normativa de olores.

El trabajo realizado consiste principalmente en la identificación de la información más actualizada disponible para cada plantel porcino, reunir las diferentes fuentes, identificando puntos de diferenciación y buscando validación adicional a partir de titulares o diferentes fuentes de información (SEIA, RCA, etc.). Con la Base de datos consolidada se caracteriza el sector porcino nacional, con énfasis en el análisis por tamaño de plantel, sistema de tratamiento de purines y ubicación geográfica.

En particular, la base de datos resultante de este análisis toma como base el trabajo realizado en el último estudio disponible acerca de emisión de olores del sector porcino a nivel nacional "Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para la Crianza Intensiva de Animales" del año 2019, realizado por The Synergy Group SpA (Envirometrika, 2019). Los productos de este estudio que son considerados para el desarrollo de este capítulo corresponden a dos bases de datos, las cuales se listan a continuación:

- P5605-MMA Consolidado Planteles Cerdos: Base de datos con información de los planteles, obtenida como fruto de la consolidación de toda la información disponible (sin incorporar información levantada por el mismo estudio).
- Cap VII Anexo 2. Inventario Olor Cerdos: Incluye la información de la BD anterior, incluyendo la nueva información validada, en base a la cual se realiza la estimación de la línea base de emisiones de olor.

Estas bases de datos generadas en el estudio de The Synergy Group SpA (Envirometrika, 2019) fueron elaboradas en base a una recopilación general de documentos y antecedentes de consulta pública específica del sector en estudio.

A continuación, en la Sección 3.1, se presenta el análisis desarrollado para llegar como resultado a la base de datos consolidada, la cual es utilizada como base para el desarrollo de los objetivos

de la presente consultoría. En la Sección 3.2 se realiza una caracterización del sector porcino identificando las principales características de los planteles nacionales. Según esta base de datos consolidada, la Sección 0 presenta un análisis respecto a qué planteles quedarían afectos a la normativa de olores según el Anteproyecto de Norma de Olores que fue entregado por la contraparte técnica.

3.1 Desarrollo de base de datos consolidada de planteles porcinos a nivel nacional

En primer lugar, se unifican las bases de datos de Envirometrika, para incorporar tanto la información validada como la no validada, pero sin perder la información adicional que se tiene, ya que en la base de datos de Inventario Olor Cerdos se cuenta con información por plantel, pero en Consolidado Planteles Cerdos se cuenta con información por sector dentro del plantel.

Las principales actualizaciones de información se presentan a continuación:

- Información de distancia a receptor más cercano por sector dentro de ciertos planteles (información entregada por ASPROCER el año 2018[1])
    - Se incorpora o actualiza información para 138 sectores diferentes.
    - Se mantiene la información de distancia al receptor más cercano de Envirometrika para 46 sectores de planteles porcinos.
    - Se identifica claramente la fuente de información para cada distancia.
- Información declarada por las empresas en los planes de cumplimiento del PPDA de la RM (recibidos a fines del 2018)
    - La SEREMI de la RM ha recibido a la fecha 5 planes de cumplimiento, correspondientes a 14 planteles porcinos, los cuales se encuentran en revisión.
    - Se compara la información disponible para los 14 planteles que declaran, se actualiza la información considerando que esta se encuentra más recientemente validada que la recopilación realizada por Envirometrika.
- Información levantada por el Programa PYME Porcina
    - El proyecto genera 18 informes para diferentes planteles, caracterizando en detalle cada plantel con número y tipo de animales, cadenas de manejo de purín y distancia al receptor más cercano.
    - Se compara la información disponible para cada uno de los sectores incluidos en el Programa, se actualiza la información considerando que esta se encuentra más recientemente validada que la recopilación realizada por Envirometrika.
- Contacto directo con productores, por medio de reuniones, visitas a terreno y contacto telefónico.

[1] Esta información fue entregada por ASPROCER al equipo consultor, en el contexto de otro estudio entregado para la generación de antecedentes para la norma de olores.

La unificación de toda esta información se realizó mediante actualización de información, según la mejor información disponible, pero también implica 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 los planteles (a partir de cada fuente de información), sea finalmente comparable en esta nueva base de datos única de todos los planteles porcinos en Chile.

De manera paralela se comparan en número de animales y cadena de manejo del purín las fuentes de Envirometrika validada, Planes de Cumplimiento y el programa PYME Porcina. Así también, a partir de las reuniones realizadas con las empresas se identifican planteles que se encuentran cerrados o duplicidad de planteles, esto se corrige.

La base de datos cuenta con caracterización de 104 planteles porcinos a lo largo del país, que corresponde a 197 sectores diferentes, ya que algunos planteles tienen más de un sector.

Al momento de elaborar la base de datos y debido a diferencias (principalmente nomenclatura utilizada) encontradas en las bases de dato del estudio Envirometrika (2019) a la hora de definir y catalogar los procesos aplicados durante el sistema de manejo del purín, se unifica la terminología, obteniendo las opciones de flujo de sistema de tratamiento de purín que se presentan a continuación.

1- Pabellón:
    a. Tipo de suelo:
        i. Cemento
        ii. Ranurado (Slat)
    b. Sistema Limpieza:
        i. Pit
        ii. Flush
        iii. Tradicional
        iv. Rastra
        v. Camas Calientes
    c. Ventilación:
        i. Cortinas/Ventanas
        ii. Ventilación automática
2- Sin tratamiento:
    a. Pozo Homogeneizador:
        i. Abierto
        ii. Cerrado
3- Tratamiento primario:
    a. Filtro Parabólico
    b. Filtro Prensa/Tornillo
    c. Sedimentador

   d. Decantador
   e. Floculador
4- Tratamiento Secundario:
   a. Tratamiento aerobio
   b. Lombrifiltro
   c. Lodos Activados
   d. Laguna Anaerobia[2]
   e. Biodigestor
5- Laguna Acumulación[3]:
   a. Abierta
   b. Cerrada
6- Disposición sólida:
   a. Compostaje
   b. Acopio/abono
   c. Suelo agrícola
   d. Alimento animal
7- Disposición líquida:
   a. Riego
   b. Disposición en río

El pabellón determina el tipo de construcción en la cual se crían los cerdos, cuál es el sistema de ventilación y el sistema de limpieza (esto permite principalmente detectar si el purín se maneja de manera líquida o sólida). El tratamiento primario corresponde a cualquier tratamiento físico que se aplica al purín recolectado de los pabellones. Esto incluye pozos de homogenización, separadores sólido-líquido y cualquier tratamiento que busque separar el purín en una línea de sólidos y otra de líquidos (decantador o sedimentador).

Se considera tratamiento secundario a cualquier modificación biológica o química que se implemente sobre el flujo de purín, esto incluye tratamiento con bacterias (tratamiento aerobio, lodos activados, laguna anaerobia, biodigestor) o lombrices. Luego se presenta una etapa intermedia de acumulación (también puede ir antes del tratamiento secundario), que consiste en un receptáculo para acumular el flujo líquido de purín, esto puede ser una laguna, un estanque, una piscina, etc. Este receptáculo de acumulación se diferencia de una laguna anaerobia ya que no permite la actividad microbiana debido a alto flujo de purín, variabilidad en el tiempo de retención hidráulica del purín y no se le aplican aditivos para provocar alguna modificación en las características del purín. La laguna anaerobia cuenta con una cobertura,

[2] En la base de datos no hay laguna anaeróbica como tratamiento secundario ya que, si bien algunos planteles declaraban contar con este tipo de tratamiento secundario, debido a la variabilidad de los conceptos se buscó mayor información con respecto a dichos planteles. Se llega a la conclusión que no son lagunas anaeróbicas sino lagunas anóxicas, las cuales no son un tratamiento secundario (ver Anexo 11.9).

[3] La laguna de acumulación puede estar presente con diferentes nombres tales como: estanque de acumulación, tranque, piscina, laguna, etc.

permitiendo que bajo esta cubierta se generen condiciones anaerobias para el desarrollo de bacterias que degradan el purín (por este motivo la laguna anaerobia es considerada un tratamiento secundario) (European Commission, 2017a, p. 606).

Finalmente se cuenta con diferentes alternativas de disposición de purín si este es líquido o sólido.

De este modo, se unifican los términos y definiciones. Asimismo, para poder realizar la modelación de la dispersión atmosférica de las emisiones de olores, se deben definir las diferentes fuentes de emisión presentes en cada uno de los planteles seleccionados.

Las fuentes de emisión atmosférica de olores dentro de la crianza de animales porcinos se clasifican en fuentes puntuales, difusas o de área y volumétricas. Para las estimaciones de emisiones a generar, se considerarán las emisiones sólo de fuentes puntuales dadas las siguientes consideraciones:

- Fugitivas: Se carece de información relacionada con factores de emisión asociados para poder estimar sus niveles de emisión[4]. Posibles venteos procedentes de las fosas de mortalidad o calderas.
- Línea: Se carece de información relacionada con factores de emisión asociados para poder estimar sus niveles de emisión. Principalmente se deben a las canaletas de transporte de purín o surcos de efluente hacia el terreno de riego.

Con estos datos y supuestos se obtiene la información necesaria para estimar las tasas de emisión de olor de cada una de las fuentes previo a la estimación del impacto generado mediante modelación.

3.2 Caracterización de los planteles nacionales

3.2.1 Planteles a nivel país (por región)

Se presenta en la Tabla 3-1 (y Figura 3-1) la distribución de los planteles de cerdos según la región. Las regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins son las que concentran la mayor cantidad de planteles planteles (74%), mientras que las regiones del BíoBío, los Lagos y de la Araucanía representan el 1% de los planteles totales, cada una.

[4]Bokowa, A. H. (2008). Techniques for odour sampling of area and fugitive sources. *Chemical Engineering Transactions*, *15*(January 2008), 57–62.

Tabla 3-1 Número de planteles de cerdos por región

Región	Número de planteles	Planteles (%)
VALPARAÍSO	4	4%
METROPOLITANA	36	34%
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	42	40%
MAULE	10	10%
ÑUBLE	9	9%
BIOBÍO	1	1%
LA ARAUCANÍA	1	1%
LOS LAGOS	1	1%
Total	**104**	**100%**

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

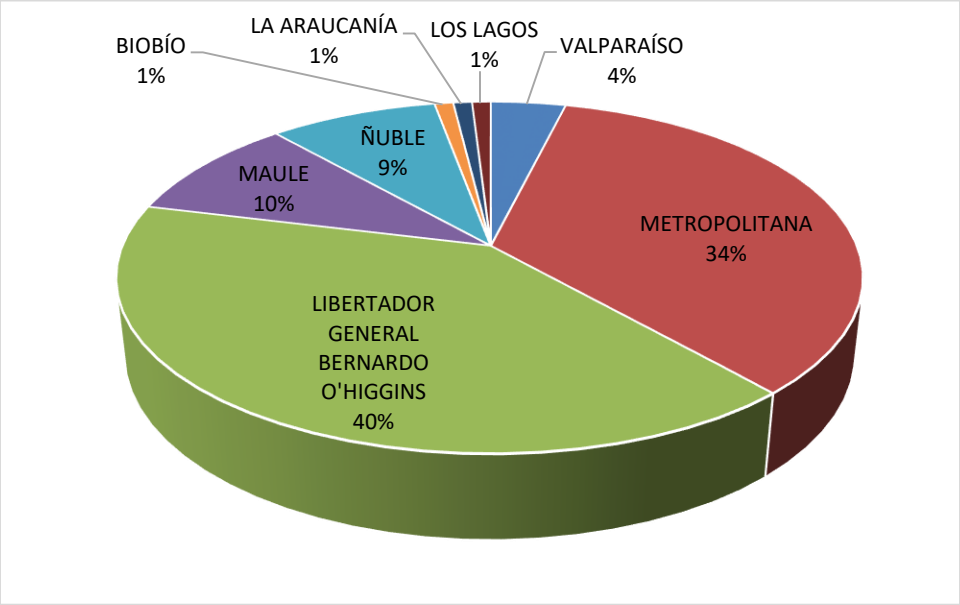


Figura 3-1 Distribución de los planteles de cerdos según la región

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.2 Planteles de cerdos por titular

Se presentan en la Tabla 3-2 (y Figura 3-2) la distribución de los planteles de cerdos por titular. El titular que opera más planteles es Agrícola Súper Ltda (21%). El 43% de los planteles están operados por 5 compañías mientras que el 57% restante está operado por otros titulares (60).

Tabla 3-2 Número de planteles de cerdos por titular

Nombre del titular	Número de planteles	Planteles (%)
AGRÍCOLA GENETICO PORCINA LTDA.	3	3%
CERDODAG LTDA.	3	3%
AGRÍCOLA CHOROMBO S.A.	4	4%
AGRÍCOLA AASA S.A.	5	5%
AGRÍCOLA SANTA LUCIA LTDA.	7	7%
AGRÍCOLA SUPER LTDA.	22	21%
Otros titulares	60	57%
Total	**104**	**100%**

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

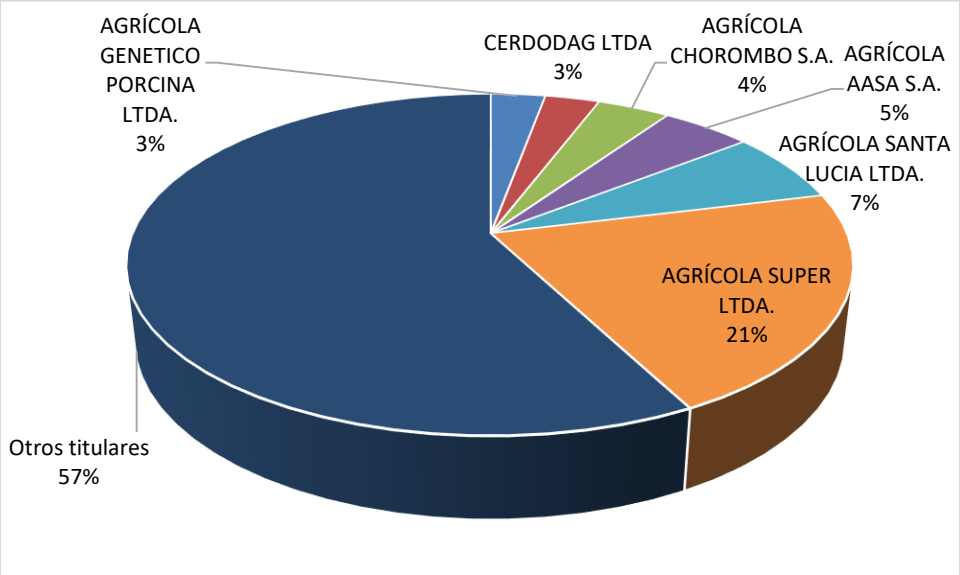


Figura 3-2 Distribución de planteles de cerdos por titular

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.3 Planteles de cerdos según tamaño

Se presenta el número de planteles de cerdos según tamaño del plantel. Los planteles pequeños son los más numerosos (44%), no obstante, cabe destacar que para algunos planteles (16%), no se dispone de ninguna información en cuanto a su tamaño.

Tabla 3-3 Número de planteles de cerdos según tamaño de plantel

Tamaño plantel	Número de animales	Número de planteles
GRANDE	Mayor a 37,001	15
MEDIANO	12,501 a 37,001	26
PEQUEÑO	750 a 12,500	46
S.I		17
Total		**104**

Fuente: Categorización obtenida del Anteproyecto Norma de Olores, información obtenida de BD desarrollada por el equipo consultor

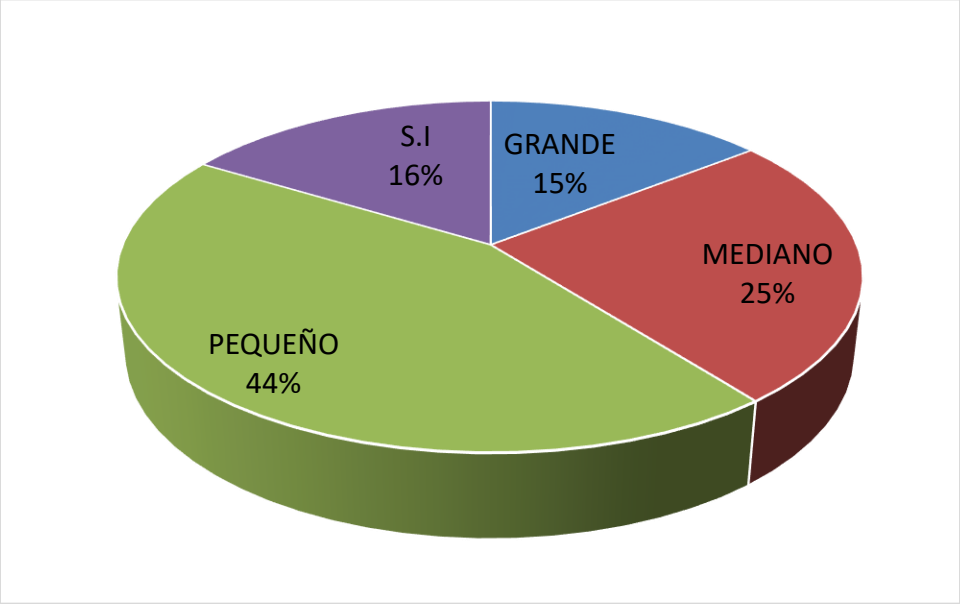


Figura 3-3 Número de planteles de cerdos según tamaño de plantel

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.4 Titular, región y tamaño de los planteles

Se presenta en la Tabla 3-4 el número de planteles de cerdos por titular junto a la región en la cual se ubican y sus tamaños respectivos. La empresa que opera más planteles de tamaños grande y mediano es Agrícola Súper Ltda (22 planteles que representan el 21% del total de los planteles operados en el país).

Tabla 3-4 Número de planteles por titular, según región y tamaño del plantel

Titular	Región	Tamaño plantel	N° planteles
AGRÍCOLA GENETICO PORCINA LTDA.	METROPOLITANA	PEQUEÑO	3
CERDODAG LTDA.	LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	PEQUEÑO	3
AGRÍCOLA CHOROMBO S.A.	MAULE	GRANDE	1
	METROPOLITANA	MEDIANO	1
		PEQUEÑO	2
AGRÍCOLA AASA S.A.	LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	MEDIANO	2
	METROPOLITANA	GRANDE	1
		PEQUEÑO	1
	VALPARAÍSO	MEDIANO	1
AGRÍCOLA SANTA LUCÍA LTDA.	LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	GRANDE	1
		MEDIANO	2
		PEQUEÑO	3
	METROPOLITANA	PEQUEÑO	1
AGRÍCOLA SUPER LTDA.	LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	GRANDE	5
		MEDIANO	5
		PEQUEÑO	5
	METROPOLITANA	GRANDE	3
		MEDIANO	3
	VALPARAÍSO	GRANDE	1
Otros titulares	BIOBÍO	PEQUEÑO	1
	LA ARAUCANÍA	MEDIANO	1
	LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	GRANDE	1
		MEDIANO	6
		PEQUEÑO	6
		S.I	3
	LOS LAGOS	S.I	1
	MAULE	GRANDE	1
		MEDIANO	1
		PEQUEÑO	4
		S.I	3
	METROPOLITANA	MEDIANO	3
		PEQUEÑO	10
		S.I	8
	ÑUBLE	GRANDE	1
		MEDIANO	1
		PEQUEÑO	6
		S.I	1
	VALPARAÍSO	PEQUEÑO	1
		S.I	1
		Total	**104**

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.5 Planteles de cerdos según tipo de tratamiento

Se detalla en la Tabla 3-5 (y Figura 3-4) el número de planteles según tipo de tratamiento que se realiza sobre el purín. Un 43% de los planteles cuenta con tratamiento primario, mientras que un 26% de los planteles se realizan tratamientos secundarios.

Tabla 3-5 Número de planteles según tipo de tratamiento

Tipo de tratamiento	Número de planteles
Primario	45
Secundario	27
Cama caliente	9
Sin tratamiento	3
S.I	20
Total	**104**

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

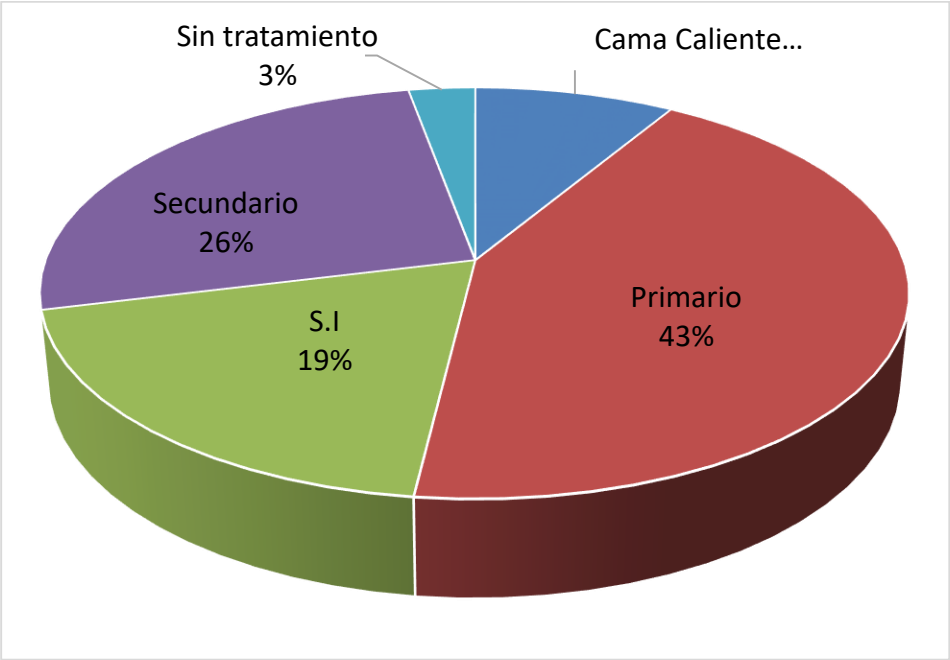


Figura 3-4 Distribución de los planteles según tipo de tratamiento
Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.6 Planteles según tratamiento secundario y tamaño

Se detalla en la Tabla 3-6 el número de planteles según tipo de tratamiento secundario y tamaño de planteles. El biodigestor es la tecnología más implementada en los planteles, un 44% de los planteles que cuentan con tratamiento secundario cuenta con biodigestor.

Tabla 3-6 Tratamiento secundario, según tamaño de plantel

Tamaño plantel	Tratamiento secundario	Número de planteles	
GRANDE	Biodigestor	4	13
	Biodigestor - Tratamiento aerobio	1	
	Floculador-Sedimentador-Lombrifiltro	1	
	Lodos activados	6	
	Tratamiento aerobio	1	
MEDIANO	Biodigestor	4	10
	Biodigestor - Lombrifiltro	1	
	Decantador-Biodigestor	1	
	Lombrifiltro	4	
PEQUEÑO	Biodigestor - Lombrifiltro	1	4
	Decantador-Lombrifiltro	1	
	Lombrifiltro	2	
	Total		27

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.7 Presencia de lagunas

Debido a la función que se espera de la normativa y sus exigencias a los planteles, que es disminuir los impactos asociados a los olores, se clasifican las lagunas según si el purín que contienen es tratado o "crudo" (sin ningún tratamiento para reducir o remover emisiones de olor). Esto permite identificar las lagunas que emitirán olor, de aquellas que no. La Tabla 3-8 presenta esta clasificación.

Para definir el tipo de laguna, se utiliza la categorización expuesta en la Tabla 3-7. Como se puede apreciar, cualquier cuerpo de agua, que contenga purín que no haya pasado por algún tratamiento secundario (que permitiría reducir las emisiones de olor), será considerada una laguna de purín crudo. Las lagunas que acumulan líquido posterior a tratamiento secundario son consideradas lagunas de purín tratado.

Para que una laguna se considere anaeróbica en la práctica, debe estar cubierta (ver Sección 3.1) ya que cuentan con una corteza natural u otro tipo de cobertura que previene las emisiones y, en su interior, ocurre degradación por acción microbiana. Hay 6 planteles que declaran tener laguna anaeróbica como sistema de tratamiento, sin embargo, al buscar información con respecto al funcionamiento de dicha laguna, se llega a la conclusión que no son lagunas anaeróbicas sino lagunas anóxicas, las cuales no son un tratamiento secundario (ver Anexo 11.9). Por este motivo se considera que los 6 planteles que declaran tener lagunas anaeróbicas, cuentan con lagunas anóxicas y tratamiento primario.

Tabla 3-7 Categorización de lagunas o cuerpos de agua

Tipo de laguna	Laguna o cuerpo de agua
Laguna que recibe purín crudo	Laguna de acumulación
	Laguna de acumulación - Sedimentador
	Laguna anóxica
	Decantador
	Decantador - Laguna de acumulación
	Decantador - Tranque de acumulación
	Estanque de acumulación
	Piscina hormigonada
Laguna que recibe purín tratado	Laguna de purín tratado
	Laguna de purín tratado - tapada
N.A	Planteles que cuentan con sistema sólido de gestión de purín (camas calientes) o no cuentan con tratamiento
S.I	Planteles para los cuales no se cuenta con información con respecto a la presencia de una laguna o cuerpo de agua

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

Tabla 3-8 Número de planteles que tienen lagunas de purín crudo, por tamaño

Tamaño plantel	Tipo de laguna	Número de planteles
GRANDE	Laguna de purín crudo	1
MEDIANO	Laguna de purín crudo	10
	Laguna de purín crudo, tapada	3
PEQUEÑO	Laguna de purín crudo	26
	Total	**40**

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

3.2.8 Disposición sólida en planteles

Se detalla en la Tabla 3-9 (y Figura 3-5) el número de planteles según el tipo de disposición sólida que se realiza en su seno. La forma de disposición sólida más utilizada es el acopio de sólidos para abono de suelos. Cabe destacar que para el 41% de los planteles no se dispone de la información al respecto.

Tabla 3-9 Número de planteles según tipo de disposición sólida

Disposición sólida	Número de planteles
Acopio - Abono	21
Alimento	4
Compostaje	14
Compostaje - Suelo agrícola	1
Suelo agrícola	13
Sí[a]	4
No	4
S.I	43
Total	**104**

[a]Al indicar que sí cuenta con disposición sólida no se cuenta con detalle del tipo de disposición

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

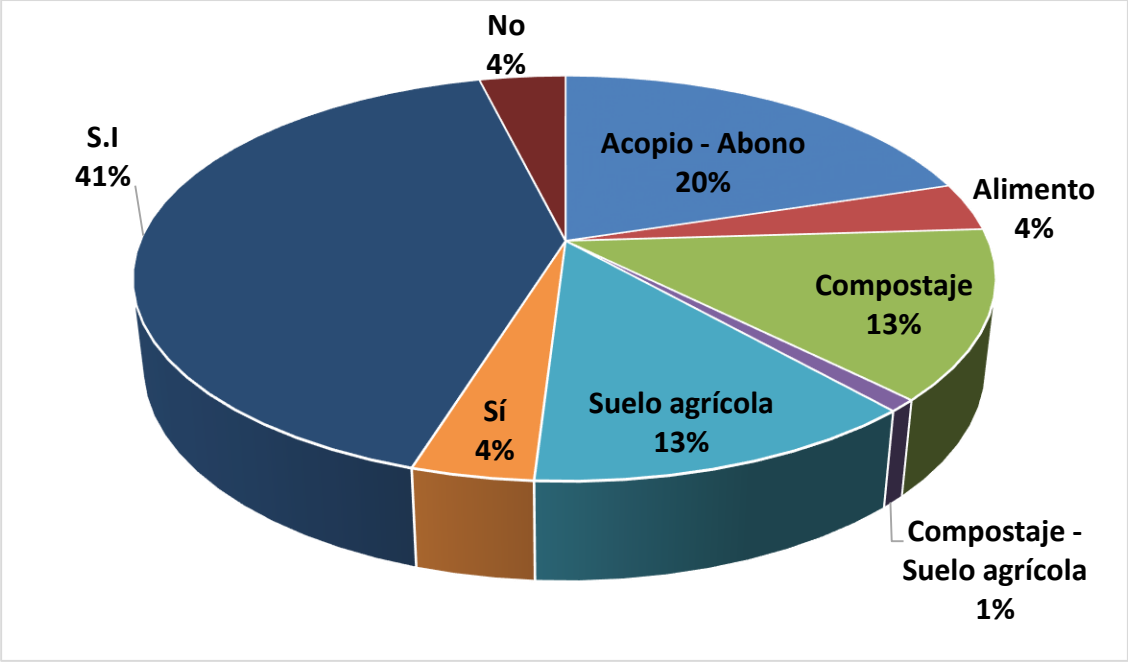


Figura 3-5 Distribución de los planteles según tipo de disposición sólida

Fuente: Elaboración propia, a partir de BD consolidada

4. Análisis de exigencias asociadas a la normativa de olores

El presente capítulo corresponde al análisis de las exigencias que generará la normativa de olores a proponer, por parte del MMA, y cómo estas exigencias impactarán a la industria porcina nacional. Esto permitirá contribuir cumplimiento a los objetivos específicos 2 y 3 de la presente consultoría, ya que se analiza el anteproyecto de norma y se presentan los posibles costos que enfrentarán los planteles para dar cumplimiento a la norma.

Esto se torna relevante en el contexto de la evaluación costo beneficio de la normativa, lo cual permitirá establecer exigencias que sean tanto eficientes en su búsqueda de cumplir con la normativa a implementar, como factibles a nivel económico para el sector porcino, logrando así un mayor beneficio ambiental y social.

El capítulo se estructura según cada exigencia planteada por la propuesta de normativa, que corresponde a tres principales:

- Implementación de mejores prácticas operacionales
- Exigencia de reducción de emisiones para la etapa correspondiente a laguna
- Límite de emisión de olor en el receptor

Los subcapítulos a continuación presentan el análisis de cada exigencia, comenzando por la descripción de la norma y cómo se presenta la exigencia, qué planteles estarán afectos y las alternativas que tendrán los planteles para dar cumplimiento a las exigencias.

La propuesta de normativa de olores a evaluar corresponde a la versión entregada por el Ministerio del Medio Ambiente.

De manera inicial se plantea que la norma será aplicada a planteles de crianza y engorda de porcinos que correspondan a un número igual o superior a setecientos cincuenta (750) animales porcinos. Las exigencias de esta norma se establecen según tamaño del plantel, de acuerdo con la siguiente categorización:

Tabla 4-1 Categorización de tamaños planteles acuerdo al número de animales

Categorización del Plantel	Cantidad de animales porcinos
Pequeño	750 a 12,500
Mediano	12,501 a 37,000
Grande	Mayor a 37,001

Fuente: Categorización obtenida del Anteproyecto Norma de Olores

4.1 Exigencia referida practicas operacionales para el control de emisiones y eventos de olor.

Se presentará en la normativa un listado de buenas prácticas operacionales dirigidas a la reducción de olores mediante establecimiento de ciertos comportamientos, monitoreo de variables, planes de gestión, etc.

Si bien estas buenas prácticas no cuentan con metodología de estimación de la reducción de olores, se espera que cuenten con un impacto, reduciendo las emisiones globales, aportando en el cumplimiento de los objetivos principales de la normativa de manera general.

Se solicitará a todos los planteles, sin importar su tamaño, el seguimiento de las buenas prácticas a plantear, según el caso específico de aplicación (dependerá del sistema de limpieza de pabellón, tipo de tratamiento primario y secundario, entre otros factores). Las secciones a continuación presentan las diferentes exigencias asociadas a buenas prácticas.

Las buenas prácticas a exigir son:

1. Elaboración Catastro de unidades fiscalizables afectas
2. Procedimientos Operacionales Estandarizados:
    a. Limpieza en pabellones
    b. Volteo de la fracción sólida tratada mediante compostaje (si hubiera).
    c. Operación y mantención de tecnologías.
    d. Transporte de purín, guano y/o lodo, que evite escurrimiento
3. Reportar un “Plan de Prevención de Contingencias y Emergencia por Olor”
4. Contar con infraestructura necesaria para la reducción de emisiones de olor en las siguientes etapas:
    a. Red de canales de conducción del purín desde pabellón a pozo homogeneizador.
    b. Cubiertas en los pozos homogeneizadores.
    c. Cobertizo y paredes en la etapa de separación sólido-liquido del purín.
    d. En caso de contar con una planta de compostaje, se deberá disponer de una estación meteorológica.
    e. El traslado del purín se deberá realizar en camiones o vehículos estancos y herméticos.
    f. El transporte de guano y/o lodo, no podrá tener trizaduras, agujeros, áreas degradadas, corroídas, etc., debe ser lavable, no porosa, de un material que no absorba, ni filtre el residuo a transportar. Finalmente, la carga a transportar no podrá exceder del 90% de la capacidad máxima nominal de carga del vehículo. Además, deberán poseer barandas y cubiertas que protejan la carga.

Las buenas prácticas del numeral 1[5], 2 y 3 corresponden a medidas que los planteles ya deberían cumplir para la correcta operación del plantel, por lo cual se considera que no significarán costos adicionales para el plantel. En el caso de los Procedimientos Operacionales Estandarizados es una exigencia familiarizada por el sector en el marco del Acuerdo de Producción Limpia de los Productores de Cerdo II, y en el caso del Plan de Prevención de Contingencias y Emergencia por Olor es una exigencia reportada en el marco de permisos ambientales.

Las prácticas que consideran la implementación de infraestructura conllevarán costos adicionales para los planteles, sin embargo, no se cuenta con suficiente información para la estimación de los planteles que deberán incurrir en dichos costos. Por este motivo la tabla a continuación indica las temáticas relevantes para la estimación de costos de las infraestructuras a construir. Se identifican cualitativamente los costos ya que, la cuantificación dependerá directamente de las condiciones del plantel presentadas en la tabla, para las cuales no se tiene información.

[5] Si bien los planteles actualmente no entregan un catastro, deben tener identificadas sus fuentes (pabellones, número de animales, tratamiento, etc.)

Tabla 4-2 Identificación cualitativa de costos y consideraciones de medidas operacionales para reducción de olores (infraestructura necesaria para la reducción de emisiones de olor)

Medida	Consideraciones para estimación de costos	Consideraciones del plantel
Red de canales	Los costos incluyen: Tuberías o material para generar la red de canales Horas hombre para excavación de canales Costos operacionales de mantención de canales	Los costos dependerán de: N° de animales, ubicación del plantel El espacio con el que cuente el plantel para la instalación de canales Tipo de sistema de limpieza de pabellón Categoría de cerdos que se críe (esto influirá en el flujo de purín)
Cobertizo separación solido-liquido	Los costos incluyen: Insumos para construcción del cobertizo (madera y metal) Horas hombre para construcción del cobertizo	Los costos dependerán de: N° de animales, ubicación del plantel Ubicación de la separación sólido-líquido y espacio disponible Uso final que se le dé al purín
Estación de monitoreo para compostaje	Los costos incluyen: Instalación y operación/mantención de la estación de monitoreo Capacitación de personal para seguimiento de parámetros relevantes del compostaje Horas hombre para seguimiento de parámetros relevantes y operación del compostaje Insumos correctivos para el compostaje (fuentes de nitrógeno o carbono, corrector de pH, agua, etc.)	Los costos dependerán de: N° de animales, ubicación del plantel Espacio disponible en la zona de compostaje Cadena de manejo del purín Categoría de cerdos que se críe (esto influirá en el flujo de purín) Uso final del purín
Transporte purín (guano y/o lodo)	Los costos incluyen: Arriendo o compra de vehículos que cumplan con los requerimientos de transporte de purín líquido (completamente estanco) o sólido (impermeable en la base y con una cubierta Horas hombre para manejo de vehículos y carga y descarga de purín	Los costos dependerán de: N° de animales, ubicación del plantel Volumen de purín generado Cadena de manejo del purín Categoría de cerdos que se críe (esto influirá en el flujo de purín) Uso final del purín

Fuente: Elaboración propia

Se identifica la buena práctica cuantificable de exigir de cubrir los pozos de homogenización o pozos purineros de los planteles, la sección a continuación presenta el impacto de esta exigencia.

4.1.1 Exigencia de implementar cubiertas en pozos de homogenización o pozos purinero

Se incorporará la obligación de implementar cubiertas a los pozos purineros para todos los planteles que cuenten con pozos sin cubierta[6].

4.1.1.1 Opciones de medidas de reducción de emisiones de olor

Para dar cumplimiento a estas exigencias los planteles deberán implementar algunas de las cubiertas presentadas en la tabla a continuación.

[6] Se considera previamente que, como establece el PPDA de la Región Metropolitana (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a) todos los planteles que se encuentren en la RM tienen cubiertas en sus pozos (ver Sección 5.1.2).

Tabla 4-3 Opciones de cubiertas para pozos de homogenización

Nombre	Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Cubierta rígida	Son cubiertas selladas (ej. techo o tapa) hechas de material inflexible como concreto, paneles de fibra de vidrio o sabanas de polyester con cubierta plana o forma cónica. Deben ser bien selladas, para minimizar el intercambio de aire, pero con ventilación de gas instalada para prevenir la acumulación de gases inflamables.	80 a 90% (European Commission, 2017b)	Puede ocurrir acumulación de gases nocivos en el espacio superior. Si al retirar la cubierta no se diluye adecuadamente, puede provocar molestias significativas a los receptores cercanos.	Cubierta rígida 10 €/ton cerdo producida Almacenaje por 6 meses, con cambio 2 veces al año Cubierta de concreto 1.82 €/m^2-año 5,000 m^3 (European Commission, 2017b) Geotextil 0.077 UF/m^2 (cotización directa 2018)
Carpa	Los cobertores de carpas tienen un poste como soporte central con estacas radiales desde la cima, una membrana de tela o de polyester con alta densidad (800-900 g/m^2).	S.I	Se debe considerar que el material a usar será mayor debido a que se debe contar con soportes para el cobertor y suficiente espacio para poder operar la laguna (limpieza, carga y descarga)	46 €/m2 1.74 €/m^2-año 5,000 m^3 (European Commission, 2017b)
Cubierta flexible	Las emisiones de olores son reducidas gracias a que la superficie cubierta forma una barrera física (las diferentes alternativas de barrera física se pueden ver en el Anexo 11.4).	50 a 90% para geotextil, cubierta tejida, o de ensilado (Generalitat Valenciana. 2008)	Las cubiertas flexibles deben incorporar estructura para mantenerlas en su lugar, y además, no obstaculizar labores de limpieza. Se deben manejar los gases que puedan generarse.	Geotextil 1.45 a 2.45 €/m^2 Cubierta tejida 0.95 a 1.1 €/m^2 Cubierta de ensilado 0.17 a 0.24 €/m^2 (Generalitat Valenciana. 2008)

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Aplicabilidad de las medidas de reducción de emisiones

De los 104 planteles porcinos, 36 pertenecen a la RM, por lo cual se considera que, en caso de tener pozo, este se cubrirá, para dar cumplimiento al PPDA (ver Sección 5.1). Los 68 planteles faltantes, 7 tienen sistema camas calientes, 2 no cuentan con tratamiento y 1 no tiene pozo de homogenización, por lo cual estos 10 planteles se contabilizan como que no tienen pozo de homogenización.

Son 58 planteles, no pertenecientes a la RM, de los cuales 47 cuentan con pozo de homogenización y no se tiene información acerca de si 11 tienen pozo o no. De los 47 planteles con pozos que no se encuentran en la RM, 12 ya se encuentran tapados, por lo tanto, se deben tapar 46 pozos de homogenización de planteles en el país, tomando en consideración que los planteles de lo que no se poseen información de tamaño[7] quedan sujetos a la normativa.

Tabla 4-4 Planteles afectos a la exigencia de cubrir pozos de homogenización

	Número de planteles	Exclusiones
Planteles totales	**104**	
	(-) 36	**Planteles de la RM**
	(-) 7	Tratamiento sólido de purín
	(-) 2	Sin tratamiento
	(-) 1	No tienen pozo de homogenización o tratamiento
Subtotal	58	
	(-) 12	Planteles con cubierta
Total planteles afectos	46	

Fuente: Elaboración propia

4.2 Exigencia referida a límites de reducción de olor en fuentes que indica.

La propuesta de normativa plantea exigencias de implementación de medidas que cuente con una eficiencia mínima de reducción de olores[8] para planteles existentes, diferenciando según el tamaño del plantel, como se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 4-5 Límites de reducción de olor en laguna

Categorización del plantel	EXIGENCIA
Planteles pequeños	Implementar coberturas o tecnologías que permitan una eficiencia de reducción de olor de al menos 70 % de olor a partir de la condición sin uso de éstas en laguna.
Planteles medianos y grandes	Implementar tecnologías que permitan una eficiencia de reducción de olor de al menos 70% de olor, a partir de la condición sin uso de éstas en laguna

Fuente: Anteproyecto Norma de Olores

[7] Los 17 planteles para los cuales no se cuenta con información acerca del número de animales se asume que son pequeños y que cuentan con laguna, sin cubierta.

[8] Eficiencia de reducción de olor, es la reducción de la concentración de olor, o del caudal de olor, debido a la implementación de determinadas técnicas creadas para tal efecto, la que se encontrará expresada como fracción o porcentaje (NCh3190).

Se eximen de esta exigencia aquellos planteles que ya han realizado acciones que permitan asegurar un control de sus emisiones odorantes, como los siguientes:

- Aquellos planteles que posean método de crianza de camas calientes.
- Aquellos planteles que posean, en el tratamiento de purines, medidas como Biodigestor, Biofiltros, Lombrifiltro, Tratamiento aerobio o lodo activado.

Es relevante notar que el comportamiento de la distribución de las emisiones de olor en Chile es diferente al de otros países. Por ejemplo, según un estudio realizado en Irlanda, en el cual se estiman las emisiones de olores asociadas a la crianza de cerdos (Hayes, Curran, & Dodd, 2006), existen tres áreas básicas de emisión de olores y cada una cuenta con su contribución específica:

- Pabellones 30%
- Instalaciones de acopio de purín 20%
- Aplicación de purín a cultivos 50%

En Chile se cuenta también con tres grandes áreas o etapas pero que varían ligeramente de la definición internacional entregada por Hayes et al. (2006). La primera etapa es la de pabellones, la segunda es de tratamiento, incluyendo tratamiento en estanques o secundario (lombrifiltro, lodos activados, etc.) y la tercera es la disposición. La tercera etapa no considera solo el riego o uso como abono, ya que existe la opción de la acumulación en pilas (estado sólido) o lagunas (estado líquido). En la literatura internacional se indica que la práctica general es la de acumulación por breves periodos de tiempo en recintos cerrados, por lo cual no se genera una nueva fuente de olores (Brancher et al., 2017; Hayes et al., 2006).

El enfoque de esta exigencia es sobre las emisiones asociadas a las lagunas de los planteles ya que, el sector porcino en el país cuenta con un comportamiento de emisiones asociadas al plantel completo, que indica que la mayor fuente de emisiones corresponde a la etapa de tratamiento del purín, para planteles que no cuenten con tecnologías de reducción de olores[9]. En particular, los casos de estudio realizados en el estudio de Envirometrika (2019) identifican las lagunas de acumulación de la fracción líquida del purín como la mayor fuente de emisión de olor[10] en planteles de tamaño mediano y pequeño, sin tratamiento secundario del purín.

De los 104 planteles nacionales identificados, se cuenta con información de número de cerdos para 87 planteles, la Tabla 4-6 presenta una caracterización de los planteles según su tamaño y características que permitan su exclusión de la exigencia de reducción.

[9] Aquellos planteles que cuentan ya con sistemas secundarios de tratamiento (principalmente planteles de tamaño grande), presentan una distribución diferente en las emisiones de olor, en particular las emisiones de pabellón tornan mayor importancia.

[10] Adicionalmente, en el Anexo 11.4 se presenta un análisis comparativo del comportamiento de emisión de olores para el sector porcino nacional y europeo.

Tabla 4-6 Descripción de los planteles porcinos para identificar excepciones a la exigencia

Tamaño	Número de planteles	Sistema de limpieza de pabellón	Tipo de tratamiento	Número de planteles	Planteles afectos a exigencia[b]
Pequeños	46	Camas calientes		6	0
		Otros	Tratamiento secundario	4	0
			Tratamiento primario	30	29
			Sin tratamiento[a]	3	
			S.I	3	
Medianos	26	Camas calientes		2	0
		Otros	Tratamiento secundario	10	0
			Tratamiento primario	14	13
Grandes	15	Camas calientes		1	0
		Otros	Tratamiento secundario	13	0
			Tratamiento primario	1	1
S.I	17	Camas calientes		0	17
		Otros	Tratamiento secundario	0	
			Tratamiento primario o sin tratamiento	0	
			S.I	17	
TOTAL de planteles en Chile				**104**	**60**

[a]Sin tratamiento implica que el plantel no cuenta con ningún tipo de proceso (ya sea físico, químico o biológico) desde la extracción del purín en el pabellón hasta su disposición como líquido o sólido.
[b]Los planteles, no exentos, que están afectos a las exigencias de la normativa son aquellos que cuenten con una laguna de purín crudo
Fuente: Elaboración propia

Como se plantea previamente, planteles con sistema de limpieza camas calientes o tratamiento secundario, quedan exentos de la exigencia de reducción de olores. De la Tabla 4-6 se pueden identificar 10 planteles pequeños[11], 12 planteles medianos y 14 planteles grandes que cuentan con estas características para exención, en total son 36 planteles que no quedan afectos a la normativa. Por lo cual quedan 68[12] planteles que potencialmente deberán implementar medidas de reducción de emisiones de olor. Al identificar cuáles de estos 68 planteles cuentan con una laguna de purín crudo se identifican 60 planteles que deberán implementar medidas de reducción de emisiones de olor para cumplir con la norma.

A continuación, se presentan las alternativas tecnológicas para dar cumplimiento a las exigencias de reducción de olores.

[11] Si bien hay 3 planteles pequeños que no cuentan con tratamiento, uno de estos tiene laguna de purín crudo.
[12] Los 17 planteles para los cuales no se cuenta con información acerca del número de animales se asume que son pequeños y que cuentan con laguna, sin cubierta.

4.2.1 Opciones de medidas de reducción de emisiones de olor

Para dar cumplimiento a esta exigencia, los planteles afectos (de tamaño pequeño) contarán con dos alternativas, la implementación de coberturas a sus lagunas (o sistemas de acumulación de purín líquido) o incorporación de tratamientos secundarios para que los sistemas de acumulación reciban purín tratado en vez de purín crudo. Para planteles de categoría medianos y grandes, las opciones corresponden al uso de tecnologías.

Es importante destacar que estos enfoques difieren en su carácter de efecto sobre el olor, ya que las cubiertas a lagunas permiten la reducción de la emisión de olor, al generar barreras físicas a la emisión de gases, reteniendo así las emisiones en el flujo de tratamiento del purín. El tratamiento secundario, en cambio, genera transformaciones químicas y/o biológicas, que disminuyen los componentes generadores de olor, además de evitar la emisión de gases, el efecto total es de remoción de olor, por este motivo, a pesar de que posterior al tratamiento secundario se cuente con una laguna de acumulación sin tapar, esta emitirá menos olores que una con purín crudo.

Las opciones para medidas de reducción son:

- Coberturas a lagunas
    - Rígidas
    - Carpa
    - Flexibles
    - Baldosas geométricas
- Tratamiento secundario
    - Sistema de atomización de agentes neutralizantes
    - Tratamiento biológico nitrificación – desnitrificación
    - Biodigestor
    - Tratamiento de lodos activados

Las tablas a continuación presentan las opciones de medidas de reducción con detalles de su funcionamiento, la eficiencia de reducción de olores, las consideraciones para su instalación y operación y los costos asociados a la medida. Esta información permitirá seleccionar las medidas que permitan dar cumplimiento a la normativa de manera costo eficiente y con factibilidad de aplicación en el contexto nacional.

Tabla 4-7 Cobertura a lagunas

Tipo	Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación
Cubierta rígida	Son cubiertas selladas (ej. techo o tapa) hechas de material inflexible como concreto, paneles de fibra de vidrio o sabanas de polyester con cubierta plana o forma cónica. Debieran ser bien selladas, para minimizar el intercambio de aire, pero con ventilación de gas instalada para prevenir la acumulación de gases inflamables.	80 a 90% (European Commission, 2017b)	Puede ocurrir acumulación de gases nocivos en el espacio superior. Si al retirar la cubierta no se diluye adecuadamente, puede provocar molestias significativas a los receptores cercanos.
Carpa	Los cobertores de carpas tienen un poste como soporte central con estacas radiales desde la cima. Se utiliza una membrana de tela o de polyester con alta densidad (800-900 g/m^2).	S.I	Se debe considerar que el material a usar será mayor debido a que se debe contar con soportes para el cobertor y suficiente espacio para poder operar la laguna (limpieza, carga y descarga).
Cubierta flexible	Las emisiones de olores son reducidas gracias a que la superficie cubierta forma una barrera física (las diferentes alternativas de barrera física se pueden ver en el Anexo 11.4).	50 a 90% para geotextil, cubierta tejida, o de ensilado (Generalitat Valenciana. 2008)	Las cubiertas flexibles deben incorporar estructura para mantenerlas en su lugar, además de no obstaculizar labores de limpieza. Se deben manejar los gases que puedan generarse.
Cubierta flotante	La cubierta se considera flexible si permite movimiento y, a su vez puede ser flotante, lo cual implica que no hay espacio entre la cubierta y el purín. Las emisiones de olores son reducidas gracias a que la superficie cubierta forma una barrera física, pero además ya que la conversión biológica de sustancias olorosas (oxidación de componentes olorosos por parte de los microorganismos) puede ocurrir en la cubierta, como lo es en el caso de la paja. Actualmente se han encontrado que baldosas con forma circular presentan mayor eficiencia de cobertura de superficie, especialmente frente a características climáticas adversas. Este tipo de cubierta no se considera dentro de las flexibles ya que entrega otro tipo de flexibilidad, ya que el movimiento y acoplamiento de ellas puede variar.	Hasta 90% para cubiertas flotantes (puede ser flexible o no) 40 a 90% para paja 90% para LECA (European Commission, 2017b) 80 a 96% baldosas geométricas mayor a 94% cuando se cuenta con carbón activado (European Commission, 2017b)	Las cubiertas flotantes no funcionan adecuadamente si no se logra minimizar la turbulencia en superficie. Dependiendo de la densidad del purín se pueden generar espacios sin cobertura. Características climáticas de la zona, pueden provocar sobre posición de las baldosas entre sí.

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-8 Costos cubiertas de lagunas

Características		Inversión	Operación	Otros	Fuente
Cubierta flexible	**Cubierta geotextil**	1.45 a 2.45 €/m^2	S.I		(Generalitat Valenciana. 2008)
	Cubierta tejida	0.95 a 1.1 €/m^2	S.I		
	Cubierta de ensilado	0.17 a 0.24 €/m^2	S.I		
Cubierta flotante	**Baldosas geométricas de plástico**	35 a 40 €/m^2	S.I		(European Commission, 2017b)
		0.47 UF/m^2	No hay		Cotización directa 2018
	Baldosas geométricas de plástico con carbón activado	123 €/m^2	S.I	Remplazo de 10% de los filtros cada año	(European Commission, 2017b)
	Cubierta flexible flotante	16 €/m^2	1.47 €/m^2-año	Tamaño laguna: 5,000 m^3	
		0.27 UF/m^2	S.I	Cotización para laguna de 10,500 m^2	Maxagro 2019
	Cubierta flotante para laguna	25 USD/m^2	S.I		Agrosuper 2018
	Cubierta flotante - Material abultado liviano	7.6 €/m^2	1.3 €/m^2-año	Tamaño laguna: 5,000 m^3	(European Commission, 2017b)
	Cubierta flotante - Paja	N/A	1.35 €/m^2-año	Tamaño laguna: 5,000 m^3	
	Cubierta flotante - LECA	1.75 €/m^3	S.I		
Cubierta rígida	**Cubierta rígida**	10 €/ton cerdo producida	S.I	Almacenaje por 6 meses, con cambio 2 veces al año	
	Cubierta de concreto	S/I	1.82 €/m^2-año	5,000 m^3	
	Cubierta - carpa	46 €/m^2	1.74 €/m^2-año	5,000 m^3	

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-9 Sistema atomización agentes neutralizantes

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Los agentes enmascarantes y neutralizantes son métodos de tratamiento en la fase de gas, en los que el agente de tratamiento de olor se mezcla directamente con el flujo de aire viciado, usualmente al atomizar un líquido usando atomizadores. Esto se puede hacer en ductos, pero también luego de la liberación de odorante en la atmosfera, usando atomizadores al aire libre. Se recomienda el uso de Neutralizantes (y sin fragancias) ya que son agentes que interfieren con las moléculas odorantes con el objetivo de reducir la intensidad del olor de la mezcla, como también hacer más aceptable el carácter del olor. El proceso subyacente no se especifica, pero está implícito una encapsulación del olor a nivel molecular. Los enmascarantes o desodorantes, pueden en el largo plazo, ser contraproducente ya que se asociará esa fragancia a la fuente	Sistema atomización 100 metros lineales, 21 boquillas Desde 50% (BIOTEG. 2019)	Requiere postes con sistemas de sujeción a una altura que permita asegurar el formar una cortina. Requiere el uso de agua como vehículo y electricidad. El tiempo estimado de implementación es 2 a 3 semanas. Requiere de uso constante de agua. La efectividad dependerá de cuan bien se haya instalado la "cortina" y la dosis de neutralizante usada.	Inversión: 5,000 USD/ 100 m Operación: 10 a 14 USD/h/100 m (BIOTEG. 2019)

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-10 Tratamiento biológico nitrificación – desnitrificación

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Proceso microbiológico en el que el amonio es oxidado por bacterias autótrofas, a nitrato en presencia de oxígeno y carbono inorgánico (nitrificación) y a continuación el nitrato es reducido por bacterias heterótrofas a nitrógeno molecular gas, en ausencia de oxígeno y presencia de carbono orgánico (desnitrificación). De esta forma se transforma el nitrógeno orgánico y amoniacal en nitrógeno gas inerte y no contaminante	Medio alto (no se cuenta con cuantificación)	Necesidad de control por las múltiples variables (composición del residuo, cargas, población bacteriana, temperatura, etc.). Es un proceso biológico que debe funcionar en continuo. Proceso sensible a la presencia de tóxicos e inhibidores Puede haber costos adicionales debido a requerimientos de sustratos para asegurar el desempeño de la medida	Alto (BREF. 2017) Inversión: 0.5-2.1 € /ton 240,000 a 300,000 € Operación 0.5 a 3 €/ton (European Commission, 2017b)

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-11 Biodigestor

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Proceso anaerobio donde los microorganismos del medio transforman la materia orgánica y los nutrientes contenidos en una mezcla de gases, principalmente CH4 y CO2. De este proceso se obtiene: 1) una fracción sólida (lodo digerido), estabilizado e higienizado, el cual puede ser utilizado directamente como abono en agricultura; 2) una fracción líquida, (digestato), que mediante un proceso de evaporación al vacío puede ser concentrado, obteniendo por un lado agua, y por el otro lado, un residuo concentrado que puede ser valorizado como fertilizante; 3) una fracción gaseosa, biogás, que puede ser utilizado como combustible en un proceso de cogeneración, en el cual se transforma en energía térmica y en energía eléctrica. En Europa, la mayoría de las plantas de tratamiento de purines han consistido en plantas de cogeneración, donde se quema gas natural para secar térmicamente los purines y, con el calor residual de combustión, se genera energía eléctrica que se vende e inyecta a la red. Esto no es factible en Chile debido al bajo costo de la electricidad, sin embargo, se utiliza el metano generado para la calefacción de los pabellones.	80% (European Commission, 2017b) 70 – 84% (Generalitat Valenciana. 2008)	Requiere de instalaciones y conexiones adecuadas. La digestión anaerobia implica instalar una planta de tratamiento para tratar el efluente. Inicialmente se debe digerir el purín en un reactor cerrado, de manera que se obtiene digestato para compostar y energía (biogás). Para el biogás se debe contar con antorchas para quemarlo o un sistema de aprovechamiento térmico o energético. Almacenamiento in situ de otros co-sustratos que pueden incrementar la emisión de olor de la explotación.	Inversión: 23 USD/cerdo Operación: 3 USD/cerdo/año (Generalitat Valenciana. 2008) Biodigestor con producción de gas Inversión: 3,536 €/cerdo Operación: 40 €/cerdo (European Commission, 2017b) Biodigestión fría Inversión: 640,000 USD Operación: 70,000 USD/año (ASPROCER, 2008) Biodigestión caliente Inversión: 250,000 USD Operación: 6,500 USD/año (ASPROCER, 2008) Biodigestor (sobre 20,000 cerdos) Operación: 2.02 USD/cerdo/año Inversión: 21.05 USD/cerdo Programa PYME Porcina 2019 Inversión inicial (28,000 animales): 824,042 USD (aprox. 29 USD/animal) Inversión para producción de electricidad: 1,200,000 USD MAXAGRO, 2015

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Aplicabilidad de las medidas de reducción de emisiones

Al analizar las alternativas para dar cumplimiento a esta exigencia, se puede notar que la única tecnología que permite alcanzar la eficiencia de reducción de olor de un 70% es el tratamiento secundario (biodigestor es para el cual se tiene más información). La Tabla 4-12 presenta los planteles a los cuales se les puede aplicar cada una de las medidas de reducción identificadas, siguiendo las exigencias establecidas en la Tabla 4-5, tecnologías para planteles grandes y medianos y coberturas o tecnologías para planteles pequeños.

Tabla 4-12 Potencial de aplicabilidad de las medidas

Medida	Número de planteles a los que se podría aplicar				TOTAL
	Grandes	Medianos	Pequeños	S.I	
Cubiertas de lagunas	0	0	29	17[a]	46
Tratamiento secundario (Biodigestor)	1	13	N.A	N.A	14

[a]Para los planteles sin información de tamaño se considera que son pequeños y cuentan con lagunas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de las diferentes opciones de medidas para dar cumplimiento a la exigencia de reducción (ver Sección 4.2.1), la eficiencia de reducción de olores para cubiertas varía entre un 50% y un 90%, considerando todas las cubiertas aplicables a Chile[13] y entre un 70% a 84% en el caso de tecnologías (ver Anexo 11.4). Los planteles pequeños deberán escoger entre la implementación de coberturas o tecnología y los medianos y grandes deberán implementar tecnologías de reducción de emisiones. En el contexto de este estudio se asume que los planteles escogerán implementar la opción más costo eficiente, por lo cual se supone que los planteles pequeños implementarán cubiertas a sus lagunas.

La Tabla 4-13 presenta una agrupación de las medidas, con sus eficiencias promedio (considerando todos los rangos de eficiencia identificados en las diferentes fuentes de información). Se puede ver que el promedio de eficiencia, para las principales medidas (Tratamiento secundario y cubiertas) varía entre un 70 y 77%. Es importante destacar que el estudio de Envirometrika (2019) presentó valores menores que los promedio, incluso menor que el límite inferior indicado por la literatura; 67% para tratamiento secundario y 40% para cubiertas en lagunas o pozos. Esta diferencia se debe a que los valores de eficiencias que utilizaron fueron aquellos valores obtenidos de la experiencia nacional (factores de reducción reales). Se considera adecuado utilizar el promedio de eficiencia para poder incorporar la variación caso a caso de la eficiencia, ya que los valores reales son de experiencias específicas y limitadas.

[13] Se deja fuera la opción de cubierta de paja ya que las condiciones de humedad del purín en los planteles chilenos hace que esta opción no sea factible en la realidad nacional.

Tabla 4-13 Eficiencia promedio de las medidas de reducción de emisiones

Medida	Rango de eficiencia	Eficiencia promedio
Tratamiento secundario (Biodigestor)	70-84%	77%
Cubiertas a lagunas o pozo	50-90%[a]	70%

[a]No se consideran las cubiertas de paja, ya que las condiciones de humedad del purín en los planteles chilenos hace que esta opción no sea factible en la realidad nacional.
Fuente: (European Commission, 2017b)

De la Tabla 4-13 se puede apreciar que, para alcanzar un 70% de eficiencia de reducción sólo se podrán utilizar las medidas de tratamiento secundario o cubiertas a lagunas. Sin embargo, se debe considerar que las estimaciones de eficiencia, en general, se presentan en rangos, por lo cual el resultado de cada medida puede variar caso a caso.

4.3 Exigencia referida al límite de emisión en el receptor

La propuesta de normativa plantea exigencias para aquellos planteles de tamaño grande, que no cumplan con un límite de emisión máxima de olores en el receptor. Esta exigencia no considera excepciones según sistema de pabellón ni sistema de tratamiento del purín. Para planteles existentes grandes, la emisión máxima de olores en el receptor no podrá exceder el valor que se indica a continuación.

Tabla 4-14 Límite máximos de emisión de olores para planteles existentes

Categorización del plantel	Límite máximo de emisión de olor en el receptor	Percentil promedio horario anual
Grandes	5 ou_E/m^3 en receptor	98

Fuente: Anteproyecto Norma de Olores

4.3.1 Opciones de medidas de reducción de emisiones de olor

Aquellos planteles que no cumplan con esta exigencia deberán implementar medidas de reducción de emisiones en el plantel para lograr el límite de emisión. Para dar cumplimiento a estas exigencias los planteles deberán implementar medidas adicionales a coberturas de laguna o tratamientos secundarios. Estas medidas adicionales pueden ser diversas, siempre y cuando cumplan con el límite de concentración en el recepto exigido. A continuación, se mencionan algunas medidas encontradas en la revisión bibliográfica, sin embargo, esto no significa que no existan otras alternativas.

Tabla 4-15 Filtro o scrubber – en pabellón

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Proceso de filtración de aire utilizado para el control o tratamiento de compuestos volátiles, orgánicos e inorgánicos, presentes en la fase gaseosa. Puede incorporar acción biológica, química o combinada de ambos. Se puede implementar en pabellones o en la salida del pozo purinero. En la acción biológica los microorganismos son los responsables de la degradación biológica de los contaminantes volátiles contenidos en corrientes de aire residual. Durante el proceso, el aire contaminado pasa a través de los macroporos del material filtrante que sirve de soporte a bacterias en crecimiento y la degradación de los contaminantes ocurre previa transferencia del aire a un medio líquido (agua) en donde es utilizado como fuente de carbono y energía (compuestos orgánicos) o como fuente de energía (compuestos inorgánicos). Se produce oxidación parcial o total del contaminante. En la acción química se utilizan componentes para que reacciones con los componentes de olor y faciliten su extracción del flujo.	Acción biológica Entre 51% y 99% Dependiendo del sustrato a utilizar como filtrante (varía según el lecho) estudios de años 2001 a 2013 Acción combinada, biológica y química 40 a 77% (European Commission, 2017b) Acción química: Lavador de gases, solución ácida 28 a 54% dependiendo del componente químico a utilizar (Jensen y Hansen, 2011)	Requiere de una red de agua potable o pozo no clorada, además se necesita una superficie extensa para instalación de los equipos (entre 0.2 y 0.25 m^2 por animal)[a] y el pabellón debe contar con ventilación forzada (European Commission, 2017b). En caso de altas concentraciones de NH_3 o H_2S, se debe adicionar humidificadores o lavadores antes de la etapa de biofiltración. Necesita estanque adicional para almacenamiento de nutrientes. Tiempo estimado de implementación de 6 a 8 meses (Alemania. 2010).	3,000 cerdos de engorde biofiltro de 255,000 m^3/h. Inversión: 58 a 64 €/cerdo Operación: 10 a 12 €/cerdo/año Otros: 1.53 m^3 agua/cerdo/año (Alemania. 2010) Scrubber Inversión: 59 a 64 €/cerdo Operación: 5.10-6.30 €/cerdo/año Otros: 1.53 m^3 agua/cerdo/año (European Commission, 2017b) Incluye costos de insumos

[a]Esta estimación de espacio requerido es para la implementación en pabellón.
Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-16 Compostaje

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Proceso aerobio donde los microorganismos del propio estiércol lo transforman, en condiciones termófilas, en un producto estable denominado compost. El resultado es un producto de alto valor fertilizante, estable, con un menor contenido en agua y patógeno. Se trabaja en pilas de compostaje con control de volteo para asegurar las condiciones adecuadas.	25 a 50% (MAGRAMA, 2010)	Requiere espacio suficiente para tratar el volumen de generación del propio producto. Si el proceso de compostaje se lleva a cabo con aireación forzada, el sistema es económicamente viable para grandes volúmenes de estiércol. Deben tomarse medidas para evitar que se vuelva una nueva fuente de olores, estas incluyen buenas prácticas operacionales.	Inversión: Medio – Alto (MAGRAMA, 2010) Compostaje – 500 cerdos de engorda Inversión: 0-01 a 0.02 € /kg de cerdo producido (European Commission, 2017b)

Nota: para más detalles ver Anexo 11.4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-17 Túnel como sistema de ventilación del pabellón

Descripción	Eficiencia de reducción de olores	Consideraciones de implementación y operación	Costos
Sistema de ventilación continua tipo túnel, permite un número de renovaciones de aire interior que junto con “diluir” el aire oloroso ambiente, minimiza la carga odorante del pabellón.	33 a 82% Agrícola Súper ltda. 2018	El pabellón se deberá vaciar y quedará inoperativo por el tiempo que demore la implementación de esta medida	Costo de inversión (según si hay información de número de animales o área del pabellón) 18.90 USD/cerdo 27.20 USD/m^2 Agrícola Súper ltda. 2018

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Aplicabilidad de las medidas de reducción de emisiones

Se analizan los 15 planteles grandes para ver si es que deben implementar alguna medida de reducción de olores para dar cumplimiento a la exigencia de la normativa (esta medida será adicional a cualquier otra que hayan debido implementar debido a las otras exigencias de la normativa, ver Sección 4.1 y Sección 4.2).

Tabla 4-18 Análisis de requerimiento de medidas adicionales para dar cumplimiento a la exigencia de límite de concentración en el receptor

	Plantel	Escenario 0	Escenario 1	Requerimiento de medidas adicionales
		Pozo	Etapa laguna	
Planteles no modelados	PP-12	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sí
	PP-15			Sí
	PP-18			Sí
	PP-19	Se cumple la concentración en todos los receptores		No
	PP-25			No
	PP-26	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sí
	PP-32	Se cumple la concentración en todos los receptores		No
	PP-42			No
Planteles modelados	PP-113	Se cumple la concentración en todos los receptores		No
	PP-114			No
	PP-14	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sí
	PP-21	Se cumple la concentración en todos los receptores		No
	PP-49	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sí
	PP-98			Sí

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4-18 se puede apreciar que serán 7, de los 15 en total, planteles grandes que deberán implementar medidas de reducción de olores adicionales para dar cumplimiento a la exigencia de límite de concentración de olor en el receptor.

De las medidas posibles para reducción de olores, no se puede evaluar la opción del compostaje debido a falta de detalles de los planteles. Además, la metodología actual de estimación de las emisiones de olor para cada plantel cuenta con tres fuentes de olor a considerar: pabellón, pozo de homogenización, y tratamiento (en particular laguna). Esto implica que no se podrán valorizar medidas que consideren reducciones en las etapas de disposición de la fracción líquida o sólida del purín. Por este motivo se analizan las medidas de filtro o scrubber (en su variación de biofiltro) y sistema túnel en pabellón.

La Tabla 4-19 presenta una agrupación de las medidas, con sus eficiencias a utilizar (considerando y analizando todos los rangos de eficiencia identificados en las diferentes fuentes de información, presentadas en las tablas anteriores y en el Anexo 11.4) y la eficiencia utilizada en el último estudio de Envirometrika. Para filtro o scrubber, en pabellón, se cuenta con 23

fuentes distintas de eficiencia en la reducción de olores, con una alta variación según la selección del tipo de filtro y material del lecho filtrante, por este motivo, en vez de promediar el rango de eficiencia (28% a 99%), se decide promediar todas las eficiencias declaradas para las 23 fuentes. Al promediar todas las eficiencias levantadas de la búsqueda bibliográfica se llega a un 70% de reducción. El sistema túnel de ventilación en pabellones presenta una eficiencia promedio de reducción de emisiones de olores de 58%, sin embargo, se cuenta con datos reales, nacionales, acerca de la emisión en un pabellón de cerdos de engorda antes y después de instalar el sistema túnel. Al calcular la reducción real obtenida se llega a un 43% de reducción. La Tabla 4-19 presenta los valores de eficiencia a utilizar para el posterior análisis, estos representan lo que se considera como la mejor información disponible, tanto en cuanto a representatividad nacional como de la información levantada a nivel internacional. Cabe indicar que la eficiencia utilizada en el último estudio de Envirometrika (2019) no recoge valores para la tecnología filtro o scrubber y para el sistema túnel en pabellones se utilizó una eficiencia de un 40%.

Tabla 4-19 Eficiencia promedio de las medidas de reducción de emisiones

Medida	Rango de eficiencia	Eficiencia promedio	Eficiencia a utilizar
Filtro o scrubber – en pabellón	28 a 99%	59%[a]	70%
Sistema túnel en pabellones	33 a 82%	58%	43%

[a]La eficiencia promedio presentada es del rango obtenido de la literatura, pero se decide utilizar la eficiencia promedio para todos los valores encontrados (considerando los 23 valores obtenidos de la literatura en vez de sólo los valores extremos).
Fuente: (European Commission, 2017b)

5. Convergencia entre la propuesta de norma y otros instrumentos regulatorios y otras iniciativas

El presente capítulo presenta un análisis de normativa complementaria que pueda tener un efecto sobre la norma de olores a proponer. A continuación, se presenta la identificación de la normativa con potenciales impactos y luego como la industria responde para dar cumplimiento a las exigencias de la normativa preexistente.

Al momento de establecer una propuesta de normativa de emisión de olores para el sector porcino, 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 para los planteles porcinos y así modificar los costos asociados a la implementación de la norma de olores a proponer.

De la revisión de normativa ambiental vigente, se identifica el PPDA de la Región Metropolitana como fuente potencial de sinergias con la normativa de olores.

Esta actividad aporta para la definición de la línea base para cada plantel, en términos de tecnologías y buenas prácticas ya implementadas y los consecuentes costos y beneficios que la normativa de olores implicará, la cual no debe incluir aquellos costos y beneficios ya incurridos debido a otros requerimientos normativos. Así, por ejemplo, si en la Región Metropolitana algún plantel de cerdo, para cumplir con lo estipulado en el PPDA de la RM, instala una cobertura en la laguna de estabilización, esto debiese considerarse como línea base y es una acción gatillada por el PPDA y no por la normativa de olores, por lo que no debe cuantificarse en los costos y beneficios asociados a la implementación de la norma de Olores.

La información por presentar se obtuvo a partir de reuniones con productores, reuniones con ASPROCER y una reunión con representantes de la SEREMI de la Región Metropolitana de manera de poder evaluar adecuadamente los planteles afectos a la normativa y las alternativas que los titulares presentarían para dar cumplimiento a estas exigencias. También se complementa esta información con un análisis de los Planes de Cumplimiento asociados al PPDA, recibidos durante el año 2018.

La reducción de emisiones de amoniaco se establece como foco en el PPDA de la RM debido a su carácter de precursor de $MP_{2.5}$. La Región Metropolitana (RM) fue declarada Zona Saturada por Material Particulado Respirable (MP_{10}), Partículas en Suspensión, Ozono y Monóxido de Carbono, por lo cual esfuerzos de reducción de amoniaco permitirán, de manera indirecta, la reducción de material particulado. Se especifica el sector porcino como fuente de amoniaco debido a las emisiones de dicho componente desde el purín (con alto contenido de nitrógeno). La reducción

de emisiones de amoniaco tiene relación con la reducción de emisiones de olor ya que las medidas que logran estás reducciones, en general, afectan ambos contaminantes al mismo tiempo. Así, al implementar medidas de reducción de emisiones de amoniaco en planteles, se estarán también generando reducciones en las emisiones de olor.

5.1 Exigencias del PPDA de la Región Metropolitana

El Decreto 31 que establece el PPDA de la RM (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a)[14], propone, por primera vez, medidas para el control de las emisiones de amoniaco, en particular para la crianza de cerdos y aves.

De los 104 planteles porcinos en el país, 36 se encuentran en la Región Metropolitana. Para analizar los efectos del PPDA de la RM sobre la línea base de planteles porcinos, se deben analizar los efectos específicos de cada exigencia asociada a la normativa y cómo esto afectara a los 36 planteles de la zona.

Este artículo que norma las emisiones de NH_3 para planteles porcinos bajo el contexto del PPDA de la RM presenta algunas definiciones que generan dificultad de interpretación en cómo afecta la normativa a cada uno de los planteles. Con el objetivo de aclarar cómo interpretar esta normativa y su convergencia con la norma de olores, se consideran los siguientes supuestos para el análisis del impacto de esta normativa en los planteles de la RM:

- Si bien el PPDA de la RM indica que la reducción requerida de emisiones de NH_3 por plantel depende del tamaño de la empresa (ver Tabla 5-1), la interpretación que se realizará corresponde a que donde dice tamaño empresa debiese decir tamaño plantel. Es decir, el tamaño del plantel es el que determina la reducción de emisiones requerida.
- Si bien la definición de plantel en el PPDA de la RM hace alusión al manejo sanitario, se entenderá por plantel al espacio físico de alojamiento de animales que comparten el sistema de tratamiento de purines.
- La reducción requerida de NH_3 por plantel, tal como lo indica el PPDA de la RM en su artículo 70, podrá realizarse en cualquiera de las etapas de la cadena de manejo.
- Si bien el PPDA de la RM no indica nada respecto a que línea base de emisiones de NH_3 se debe considerar al momento de acreditar la reducción de emisiones requerida, en particular como afecta la instalación de cubiertas en piscina de homogenización o pozo purinero, se considera que como esta medida es obligatoria para todos los planteles, la reducción requerida debe ser exigible luego de la implementación de las cubiertas y la reducción de emisiones de NH_3 que afecta a dicha etapa.

[14] https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/DTO-31_24-Establece-plan-de-prevencion-y-descontaminacion-atmosferica-para-la-Region-Metropolitana-de-santiago.pdf

- Se asume el cumplimiento normativo, es decir, todos los planteles implementan cubiertas en el pozo de homogenización y luego implementan medidas que reducen las emisiones de NH_3 requeridas según lo indicado en la Tabla 5-1.

5.1.1 Reducciones de emisiones de amoniaco por plantel

En particular, el Artículo 70 de control de emisiones de amoniaco establece que todos los planteles de engorda, crianza, reproductora o destete, deberán implementar medidas para reducir las emisiones de amoniaco en el plantel. Dichas reducciones podrán realizarse en cualquiera de las etapas de la cadena de manejo (pabellón o alojamiento de los animales, sistema de tratamiento de purín, o en la disposición final a suelos), de acuerdo a la siguiente tabla de reducción:

Tabla 5-1 Reducción de emisiones de amoniaco por plantel

Tamaño empresa	Reducción de Emisiones NH_3 por plantel
Mayor o igual a 37,001 animales	40%
Mayor o igual a 25,001 animales y menor o igual a 37,000 animales	20%
Mayor o igual a 12,500 animales y menor o igual a 25,000 animales	5%

Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a)

Se excluyen de esta obligación:

- Aquellos que posean método de crianza de camas calientes y que por tanto se asocia a un sistema seco de manejo.
- Aquellos que posean sistemas de tratamiento de purines aerobios y/o biodigestores.

De los 36 planteles de la región metropolitana, no se cuenta con información para 8, en cuanto a número de cerdos, por lo cual no se podrán incorporar en el análisis de las exigencias que establece el PPDA. La tabla a continuación presenta la identificación de los 28 planteles para los que se cuenta con información de número de animales y si están afectos o no a la exigencia de reducción de emisiones de amoniaco estipulada por el PPDA de la RM.

Tabla 5-2 Planteles afectos a reducción de emisiones de amoniaco

Tamaño empresa	Número de planteles de la RM	Planteles excluidos		Planteles con obligación de reducción
		Camas calientes	Tratamiento secundario	
Mayor o igual a 37,001 animales	7	0	6	1
Mayor o igual a 25,001 animales y menor o igual a 37,000 animales	3	0	2	1
Mayor o igual a 12,500 animales y menor o igual a 25,000 animales	1	0	0	1
Planteles con menos de 12,500 animales	17	17[a]		0
TOTAL	28	0	8	3

[a] Son muy pequeños, no quedan afectos a la norma

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, 1 plantel deberá reducir en un 40% sus emisiones de amoniaco (PP-29) y 1 plantel deberá reducir en un 20% sus emisiones de amoniaco (PP-81) y 1 deberá reducir sus emisiones en un 5% (PP-59).

Se analizan entonces, las medidas de reducción de emisiones de amoniaco, para ver cuál les permitirá a los planteles cumplir con la normativa. Las medidas que permiten reducir emisiones de amoniaco son las mismas presentadas en la Sección 0, teniendo en consideración que la reducción de amoniaco no necesariamente corresponde a la misma reducción en olor. El criterio de selección de la medida será el menor costo (los costos se pueden ver en el Anexo 11.4).

Como la normativa establece que la reducción debe ser de las emisiones del plantel, en cualquier etapa de la cadena de manejo del purín, la selección de la medida de reducción de emisiones a implementar para cumplir con la normativa se basará en la medida más costo eficiente disponible.

Para esto es necesario diferenciar la reducción a alcanzar en la etapa de implementación y la reducción total a lograr a nivel del plantel, es decir, si una medida logra reducir un cierto porcentaje en una fuente específica (como el pabellón, la laguna u otro), el impacto que tendrá en la reducción de emisiones del plantel completo dependerá del porcentaje de las emisiones totales que ocurren en dicha fuente. La Tabla 5-3 presenta el análisis de las principales medidas de reducción de amoniaco, calculando la reducción que genera en el plantel completo y una identificación cualitativa de los costos que conlleva (el detalle de los costos se puede ver en el Anexo 11.4).

Tabla 5-3 Análisis de reducción en el proceso completo de manejo del purín para diferentes medidas de reducción de emisiones de amoniaco

Medidas de reducción de olores	Porcentaje de reducción considerado	Porcentaje etapa en que se aplica	Reducción en el proceso completo	Costo	Fuente del porcentaje de reducción considerado
Cubierta laguna	70%	60.8%	42.5%	Bajo	(Generalitat Valenciana. 2008)
Biodigestor	77%	60.8%	46.8%	Alto	
Cubierta pozo	85%	6.6%	5.6%	Bajo	
Túnel	58%	32.7%	18.8%	Medio	Agrícola Súper Ltda., 2018.

Nota: cuando hay rangos de eficiencia de reducción se considera el promedio
Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el criterio lógico de mayor costo eficiencia (se logra mayor reducción de emisiones a un menor costo), la medida que los planteles buscarán implementar es la cobertura a la laguna. La Tabla 5-4 presenta más detalles acerca de los planteles que deberán reducir emisiones, identificando si es que cuentan con lagunas para poder cubrir.

Tabla 5-4 Planteles con obligación de implementar medidas de reducción de emisiones

Tamaño plantel	Reducción exigida	Número de planteles sin tratamiento secundario ni sistema camas calientes		¿Presentó plan de cumplimiento?	¿Tienen laguna?
Mayor o igual a 37,001 animales	40%	1	PP-29	Sí	Laguna de acumulación
Mayor o igual a 25,001 animales y menor o igual a 37,000 animales	20%	1	PP-81	Sí	Laguna de acumulación
Mayor o igual a 12,500 animales y menor o igual a 25,000 animales	5%	1	PP-59	Sí	Laguna de acumulación - Sedimentador

Fuente: Elaboración propia

En total 3 planteles deberán implementar medidas de reducción de emisiones de NH_3, de estos todos tienen cuerpos de agua que podrían considerarse como fuentes de emisión de amoniaco, por lo cual se asume que implementarán cubiertas a dicha fuente, debido a su bajo costo.

Todo esto genera modificación a la base de datos original, pero al momento de estimar la línea base de olores, finalmente una reducción efectiva en toda la cadena es inexistente. La modificación de la emisión según etapa específica esperada al implementar estas medidas se considerará para la estimación de la línea base de emisiones y en el análisis de los costos asociados a la nueva normativa.

5.1.2 Condiciones para planteles de porcinos nuevos y existentes con piscina de homogenización o pozo purinero

En el mismo Artículo 70 de control de emisiones de amoniaco se establece también que aquellos planteles de porcinos que cuenten con una piscina de homogenización o pozo purinero, deberán implementar cubiertas que eviten el movimiento del aire sobre la superficie del purín.

De los 36 planteles de la Región Metropolitana, hay 2 que cuentan con sistema sólido de gestión de purín (cama caliente), y 1 que no tiene tratamiento, por lo cual 3 planteles no tienen pozo purinero. De los 33 planteles restantes no se cuenta información de si tienen o no pozo de homogenización para 10, los 23 restantes sí tienen pozo de homogenización y 6 de estos ya están tapados. Para la base de datos de planteles porcinos y la línea base para evaluación de la normativa de olores se considerará que los 17 planteles identificados, que sí tienen pozo de homogenización, los cubrirán.

5.2 Análisis de planes de cumplimientos recibidos por la SEREMI del Medio Ambiente

El Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana, fue publicado en noviembre del año 2017, y estableció que todos los planteles porcinos afectos a la normativa deberán presentar un plan de cumplimiento antes de 12 meses de la entrada en vigencia del Decreto 31. Por este motivo, a la fecha actual ya se recibieron los planes de cumplimiento de los planteles afectos.

En total se recibieron 5 planes de cumplimiento, esto debido a que la redacción del artículo correspondiente establece la diferenciación de obligación de reducción (presentado en la Tabla 5-1) por tamaño de empresa.

La Tabla 5-5 presenta un resumen de los planteles que, a juicio de los titulares, tienen la obligación de reducir emisiones y su propuesta de plan de cumplimiento.

Tabla 5-5 Resumen planes de cumplimiento PPDA de la RM

	Categoría	N° de cerdos	Obligación de reducción	Metodología de cálculo	Medidas de reducción	Medidas de verificación	Comentarios
Empresa 1	Recría	10,000	20%	EPA 2004	Cubierta pozo de homogenización 28% Cubierta laguna 50%	Registro fotográfico, resumen de operación medida y plantel, registro de eventos	
	Engorda	19,100					
Empresa 2	Crianza	28,000	20%	EPA 2004	Cubierta laguna y pozo 90%	No presenta	Se toma el pozo como parte de instalación. Se analiza la obligación de reducción por sector, no por plantel.
	Reproductora	22,500	5%				
Empresa 3	Gestación	1,782	5%	Estándar europeo, TIER 2, Sanes 2014	Cubierta pozo de homogenización y biodigestor 80%	No presenta	La medida a implementar depende de que encuentren financiamiento.
	Maternidad	418					
	Recría	6,946					
	Engorda	10,391					
Empresa 4	Reproducción	2,450	5%	GreenLabUC, 2018	Cubierta pozo con filtro de carbón activado 3% Eliminar un tranque (bypass) 100%	Notificación de instalación y fotografías	No se entiende bien el uso de la metodología de cálculo de emisiones.
	Recría	6,270					
	Engorda	14,780					
Empresa 5	Madres paridas	620	40%	Taller práctico emisiones de amoniaco sector pecuario y plan de cumplimiento al nuevo PPDA RM, abril 2017	Intervención de dieta 10% Cubierta pozo 3% Cubierta laguna, geomembrana	No presenta	Se consideran ambos planteles como uno solo, no se consideran emisiones en pabellón, sólo pozo. No se explicita la metodología de estimación de emisiones. Con las medidas propuestas no se asegura el cumplimiento de la reducción de emisiones.
	Gestación	2,480					
	Chanchillas	104					
	Verracos	24					
	Lechones maternidad	6,820					
	Lechones recría	10,230					
	Crianza	10,028					
	Engorda	13,504					

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Tabla 5-5, varían los criterios de las empresas para establecer el porcentaje de reducción que deberán alcanzar. Algunas empresas consideran el número de animales por plantel, otros por sector dentro de un plantel o por el total de animales de la empresa (considerando más de un plantel). También varía la metodología de estimación de emisiones, por lo cual no se puede verificar la correcta estimación, para todos los casos. Así también las medidas de reducción de emisiones varían en cuanto a su reducción esperada.

Según los planes de cumplimiento, 9 planteles declaran obligación de reducir, de estos, sólo 3 se identificaron del análisis de los planteles. Todos los planteles identificados con requerimiento de reducción presentan plan de cumplimiento.

Como se comentó anteriormente, independiente de si existe o no existe la entrega de un plan de cumplimiento y lo que se indica en los que se han entregado a la fecha, para la consideración en la base de datos consolidada y posterior estimación de línea base de emisiones de olor, se asume el cumplimiento normativo, es decir, todos los planteles implementan cubiertas en el pozo de homogenización y luego implementan medidas que reducen las emisiones de NH_3 requeridas según lo indicado en la Tabla 5-1.

Es relevante notar la diferencia entre el análisis de los planteles que presentan medidas de reducción y los planteles que se identifican como con obligación de reducción (9 y 3, respectivamente). Este análisis se realizará a nivel del impacto, para la estimación de la línea base de emisiones de olor.

6. Resultados de Estudio de Impacto Odorante para análisis de cumplimiento de norma.

La modelización de la dispersión de contaminantes atmosféricos es una metodología de amplio uso y con un largo recorrido desde los años 80's, donde gracias a los avances en la computación automatizada se ha extendido su uso. Sus principales objetivos son los de establecer una relación unívoca causa-efecto entre emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos y viceversa mediante la aplicación de técnicas de modelización inversa.

Actualmente hay disponibles numerosos modelos de dispersión atmosférica, cuya clasificación suele realizarse dependiendo de si el balance de materia lo resuelven respecto de un sistema de referencia fijo o móvil. Los modelos que optan por un sistema de referencia fijo se conocen como Eulerianos y su rango de aplicación es muy amplio y variable, pudiendo considerar emisiones estacionaria o no estacionaria, y suelen ser más adecuados en condiciones meteorológicas de velocidad de viento moderada y elevada turbulencia. Por otro lado, los modelos Lagrangeanos o con un sistema de referencia móvil, se recomiendan en entornos complejos de meteorología variable, con intensidad de vientos moderada, alta estabilidad atmosférica, topografía compleja y emisiones cambiantes con el tiempo.

Sea cual fuere el tipo de modelo, Euleriano o Lagrangiano, para conocer la distribución espacial y evolución temporal de cualquier compuesto químico en la atmósfera se debe resolver su balance de materia. De este modo, para un compuesto cuya reactividad atmosférica sea despreciable se puede conocer su concentración en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el siguiente balance de materia:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{u}\nabla C = \nabla\vec{K}\nabla C + \overrightarrow{S_c}$$

En la ecuación anterior se formulan los diferentes fenómenos que afectan a la cantidad de materia del compuesto en un volumen de control, o concentración C: advección $(\vec{u}\nabla C)$, difusión $\nabla\vec{K}\nabla C$, emisión y/o sumidero $\overrightarrow{S_c}$.

La ecuación del balance de materia no tiene una solución general, pero si se aplican algunas simplificaciones e hipótesis se puede encontrar una solución analítica particular, que se expresan mediante las siguientes relaciones matemáticas: Primeramente, si se empieza por suponer que el término de advección es de mayor importancia en una única dirección (eje x), despreciando las restantes. Por otro lado, si se aplica la condición de estado estacionario el término temporal se puede igualar a cero. Se puede suponer además que el término de difusión es independiente del espacio, es decir, que puede suponerse con isotropía espacial. Por último, en líneas generales la difusión en la misma dirección del transporte es despreciable frente al término de advección.

Estas suposiciones subyacen detrás de la solución gaussiana del balance de advección, difusión, reacción aplicado por multitud de modelos de dispersión disponibles:

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} e^{-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}+\frac{(z-h_e)^2}{2\sigma_z^2}\right)}$$

Los parámetros σ_y y σ_z definen la forma de la curva gaussiana en la dirección transversal horizontal (y) y vertical (z) respectivamente, respecto de la dirección axial (x) de transporte por el viento, y sus valores dependen del grado de turbulencia y estabilidad atmosférica durante el transporte. En la expresión se puede observar que el caudal másico de emisión del contaminante (Q) ejerce un efecto lineal sobre la concentración en cualquier lugar del espacio.

Este efecto de proporcionalidad o linealidad del caudal másico de emisión sucede así mismo en otros modelos de dispersión atmosférica, ya sean Eulerianos o Lagrangianos, siempre que el contaminante se considere atmosféricamente no reactivo, como sucede en el caso de olor; poniendo de manifiesto la importancia de poder contar con valores lo más certeros posibles que caractericen la emisión del proceso objeto de estudio.

En el presente capítulo se presentará la metodología utilizada y los resultados obtenidos de la realización de la modelización de la dispersión atmosférica de las fuentes de emisión de olor procedentes de 11 planteles porcinos.

6.1 Identificación de planteles a modelar

En el presente estudio se identificaron un total de 104 planteles porcinos ubicados con la siguiente distribución espacial a lo largo y ancho del país:

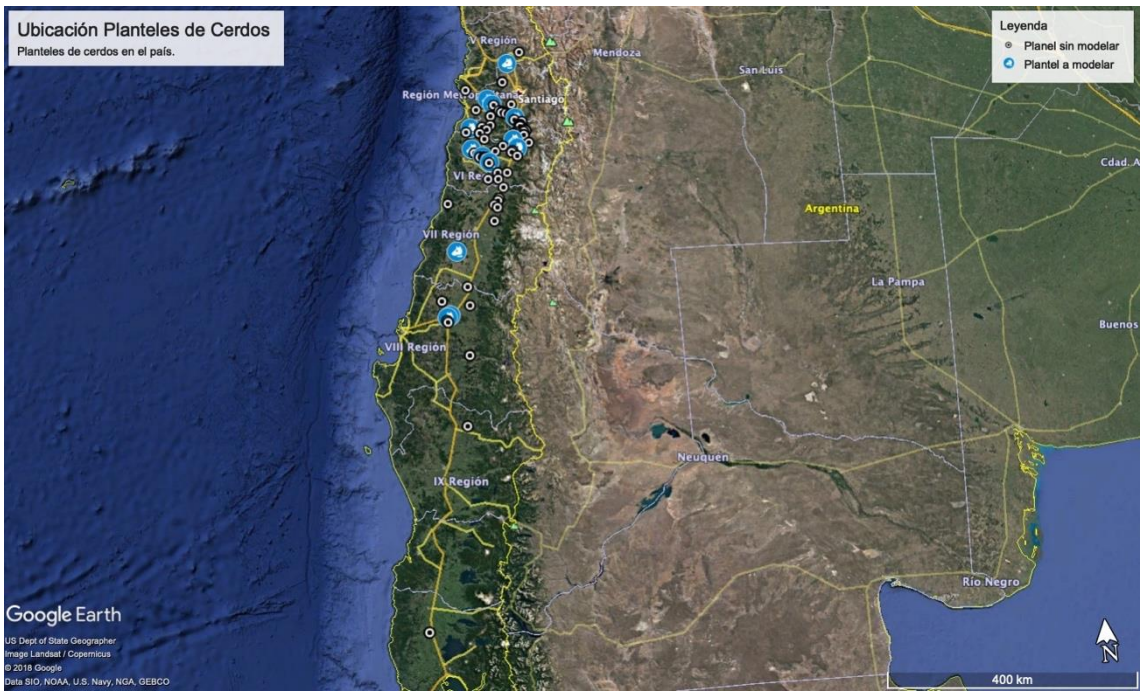


Figura 6-1 Ubicación de los planteles porcinos en el país
Fuente: Elaboración propia

La selección del conjunto de 11 planteles a realizar la evaluación del impacto de las emisiones atmosféricas de olor se realizó de acuerdo a las exigencias normativas presentas en el Sección 4, es decir, en función de la representatividad en cuanto a su tamaño y cadena de manejo de purín.

- Tipo de tratamiento:
    - Pequeños:
      Se seleccionaron los planteles PP-39 y PP-121 ya que la medida normativa para este tamaño establecerá la reducción de un 70% en la etapa correspondiente a laguna. Con el objetivo de evaluar un plantel con y sin laguna de acumulación se incluyeron ambos.

    - Medianos y grandes:
      Se seleccionaron aquellos que presentan alguna laguna de acumulación o de tratamiento, con y sin tratamiento biológico de eliminación de materia orgánica.

La ubicación de cada plantel se encuentra descrita en la Sección 6.3.2. La Tabla 6-1 presenta una caracterización de los planteles modelados.

Tabla 6-1 Caracterización de planteles modelados

Código plantel porcino	Comuna	Tamaño plantel	Tipo de tratamiento	Tratamiento secundario	Laguna
PP-39	PAINE	PEQUEÑO	Sin tratamiento	N.A	No
PP-121	TILTIL	PEQUEÑO	Primario	N.A	Si
PP-10	CODEGUA	MEDIANO	Primario	N.A	Si
PP-101	EL MONTE	MEDIANO	Primario	N.A	Si
PP-59	MELIPILLA	MEDIANO	Primario	N.A	Si
PP-113	CHILLÁN VIEJO	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si
PP-114	SAN JAVIER	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si
PP-14	LA ESTRELLA	GRANDE	Secundario	Planta Lodos Activados	Si
PP-21	REQUINOA	GRANDE	Primario	N.A	Si
PP-49	MELIPILLA	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si
PP-98	PALMILLA	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si

Fuente: Elaboración propia

6.2 Metodología

La modelación se realizó de acuerdo a lo indicado en la ***Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA***. A continuación, se describe la metodología y los recursos utilizados en los trabajos objeto de este informe. Estos trabajos se desglosan, en términos generales, en la realización del modelado meteorológico y el modelado de la dispersión de olores.

Para realizar el estudio de dispersión atmosférica de olor se seguirá el procedimiento recomendado por el SEIA conteniendo las siguientes etapas descritas:

1. Modelización meteorológica: obtener los campos escalares y vectoriales que definen el estado atmosférico desde una escala global hasta local (*downscaling*).
2. Validación meteorológica (actividad adicional): analizar el grado de validez de los resultados numéricos obtenidos contrastándolos con la red de monitoreo superficial del SINCA. Como producto, se analizarán los sesgos que pudiesen ocurrir dentro del dominio de simulación para posteriormente interpretar con mayor certeza los mapas de impacto generados por CALPUFF.
3. Caracterización de los planteles: definir todas las fuentes de emisión atmosféricas, su ubicación, factores de emisión y tasas de emisión como datos de entrada a CALPUFF.
4. Proyección de emisiones asociado a la aplicación de la norma de emisión según escenarios: evaluar el área de influencia y los niveles de concentración en inmisión promedios horarios anuales utilizando el percentil 98 (u otro percentil dependiendo de lo consensuado con la contraparte).

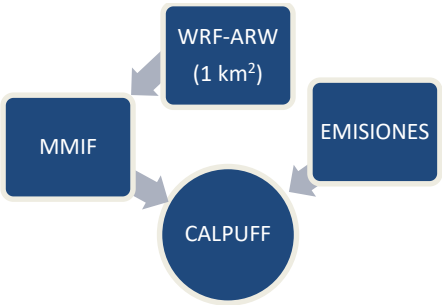


Figura 6-2 Diagrama de la metodología de modelado
Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Consideraciones

6.2.1.1 Fuentes de emisión

Para poder realizar el estudio de impacto odorante se deben definir las tasas de emisión de olor por cada una de las fuentes identificadas por plantel de manera individual. Para ello, se determinó mediante imagen satelital (*Google Earth*) la georreferenciación y dimensiones de las fuentes en cada uno de los 11 planteles seleccionados.

El procedimiento seguido para la identificación de fuentes se basó en analizar la información levantada en la base de datos (Sección 3) del siguiente modo:

- Analizar la cadena de producción animal:
  - Tipo de producción.
  - Número de etapas productivas.
  - Número de animales por etapa productiva.

- Analizar el sistema de manejo de purín:
  - Tratamiento primario.
  - Tratamiento secundario.
  - Tratamiento de sólidos.
  - Sistemas de acumulación.

La asignación de fuentes entonces se realizó de acuerdo al siguiente algoritmo de toma de decisiones:

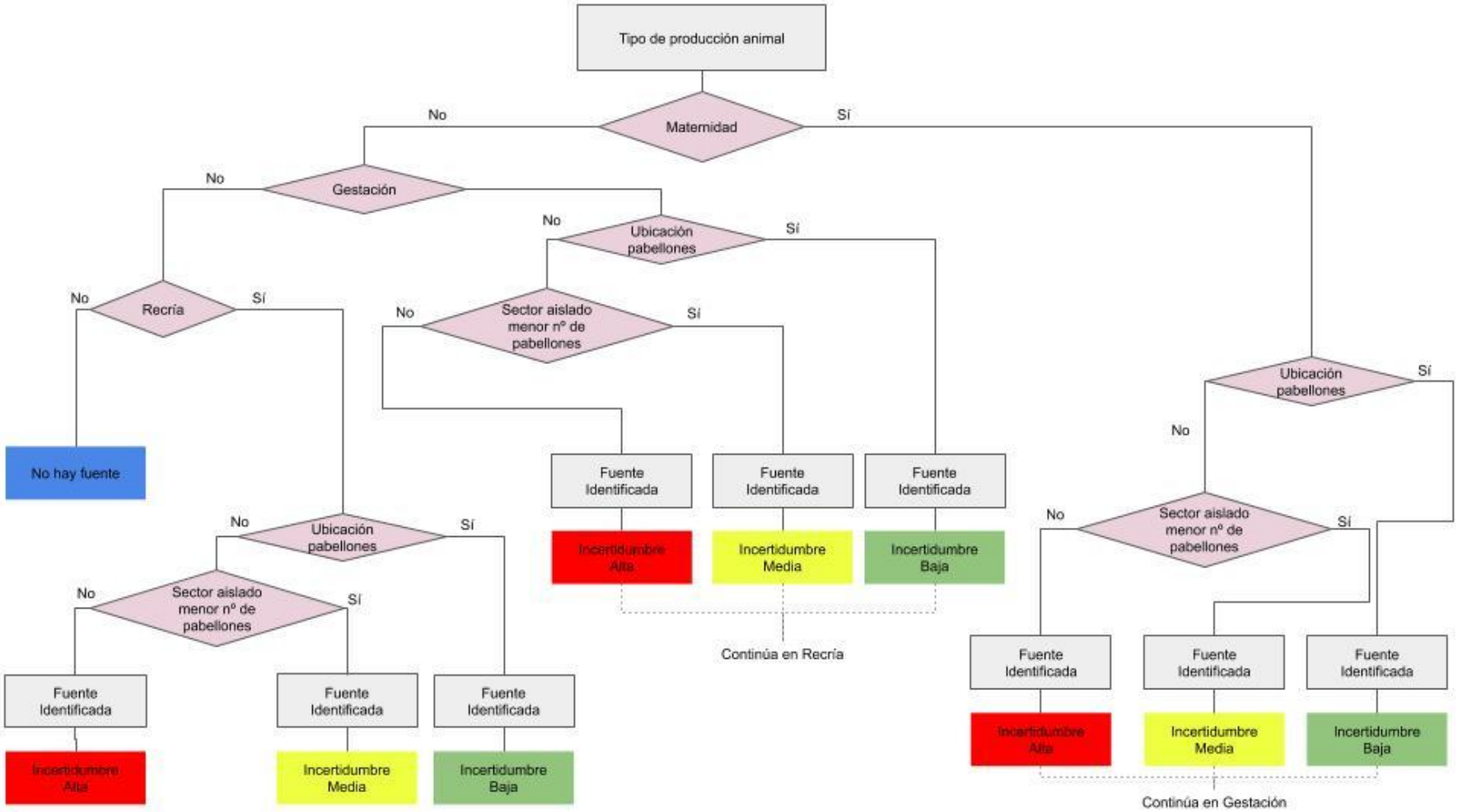


Figura 6-3 Algoritmo de toma de decisiones para definir las fuentes de emisión asociadas a al proceso de producción animal mediante imagen satelital

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la cadena de manejo de purín la identificación de las fuentes resulta análogo al cotejar primeramente sí disponen o no de algún sistema de tratamiento, su ubicación y a continuación en función de su dimensión y geometría visualizadas satelitalmente.

Del análisis y definición de fuentes de emisión atmosféricas de olor para los planteles, se excluyeron los siguientes tipos de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Transporte de animales/purín: se carece de información del sector sobre los sistemas de movilización y frecuencias utilizados tanto para animales como de purín/guano. Adicionalmente no se han encontrado valores de factores de emisión de olor asociados a dichas fuentes en bibliografía validada.
- Riego/disposición sólida: no se dispone de información sobre el lugar de disposición/riego utilizado tanto de la fracción líquida como sólida.
- Fugitivas: no se han podido identificar satelitalmente este tipo de fuente. La información no proporcionada por el sector. Adicionalmente no se han encontrado valores de factores de emisión de olor asociados a dichas fuentes en bibliografía validada. Las emisiones fugitivas son por ejemplo cuando se limpia un biodigestor (habrá una fuente grande de emisiones por limpieza, pero no hay cómo estimar la emisión), cuando se carga o descarga un vehículo de transporte de purín, etc.

6.2.1.2 Factores de emisión

Una vez identificadas las fuentes, se asignan los valores de los factores de emisión levantados a nivel nacional por Envirometrika por resultar más representativos del sistema de producción nacional que los encontrados en la bibliografía internacional donde, por ejemplo, la genética, alimentación y sistema de acondicionamiento del aire interior difieren al utilizado en Chile. La Tabla 6-2 presenta la recopilación de los valores utilizados:

Tabla 6-2 Factores de emisión para pabellones

Tipo	Ventilación	Limpieza	FE [ou_E/cerdo*s]
Gestación	Cortinas	Tradicional/Pit	14.8
Maternidad	Cortinas	Tradicional/Pit	14.1
Recría	Cortinas	Tradicional/Pit	2.7
Engorda	Cortinas	Tradicional/Pit	6.7
Engorda	Túnel	Pit	3.8

Fuente: (Envirometrika, 2019)

Del conjunto de planteles seleccionados, no todos presentan los mismos sistemas de tratamiento del purín generado, de modo que se establecieron dos subconjuntos de factores de emisión en función de si presentan alguna tecnología de reducción de materia orgánica (Tabla 6-3) o, por el contrario, que no dispongan de ningún proceso de reducción (Tabla 6-4).

Tabla 6-3 Factores de emisión para planteles que cuentan con sistema de eliminación de materia orgánica del purín

Tipo de Tratamiento	Área	Foco	FE [ou_E/m^2*s]
Primario	Planta purines	Pozo purín	86,461.1
Secundario	Planta purines - Lombrifiltro	Pozo agua tratada	180.6
Secundario	Planta purines - Lombrifiltro	Lombrifiltro superficie	64.0
Primario	Disposición	Laguna fermentación anaeróbica	46.2
Secundario	Disposición	Laguna acumulación/decantación biodigestor frio	183.0
Secundario	Disposición	Laguna de riego post-biodigestor frio	4.0
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Laguna aeróbica	0.20
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Acumulación lodos	141.2
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Acumulación guano	154.0
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Laguna Anóxica	5.5
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Estanque DAF	130.0
Secundario	Planta Tratamiento Purines	Laguna agua tratada	3.1
Secundario	Cancha Compostaje	Pilas estado Inicial	147.0
Secundario	Cancha Compostaje	Pilas en proceso fermentación	262.2
Secundario	Cancha Compostaje	Pilas terminadas de CCO	160.8
Secundario	Cancha Compostaje	Pilas preparación despacho de CCO	4.2
Secundario	Cancha Compostaje	Pilas listas para despacho de CCO	181.7

Fuente: (Envirometrika, 2019)

Tabla 6-4 Factores de emisión para planteles que no cuentan con sistema de eliminación de materia orgánica del purín

Foco	FE [ou_E/m^2*s]
Filtros	1,718.0
Ecualizador	83.4
Estanque/Laguna acumulación	14.7
Apilamiento de guano	29.8

Fuente: (Envirometrika, 2019)

Algunas consideraciones que se han hecho respecto a la aplicación de los factores de emisión:

- El factor de emisión del pozo purinero de la Tabla 6-3 se ha descartado su uso debido a ser considerado como un outlier al presentar varios órdenes de magnitud superior al FE de un plantel sin sistema de tratamiento.
- Aquellos planteles que no cuentan con sistema de eliminación de materia orgánica se les aplica el mayor valor al FE de laguna de acumulación 14.7.
- Los planteles que tienen sistema de eliminación de materia orgánica se les aplica un FE en las lagunas de acumulación de 4.0.
- Los planteles que presentan sistemas de tratamiento anaerobio con reactores se les aplica un FE de 3.1 por presentar una mayor automatización en su operación y eficiencia.

- Cuando un plantel cuenta con un estanque ecualizador o acumulación que cuente con un área menor a 1000 m^2, se considera como si fuera un pozo de homogenización (se usa el mismo factor de emisión).

El cálculo de las tasas de emisión de olor (TEO) tiene que ser consistentes con el balance de materia que resuelve el modelo de dispersión CALPUFF, esto implica que para obtener los niveles de concentración en inmisión $\mathrm{C(x,y,0)}$ se deben definir las TEO en unidades de ou_E/s. Esto responde a la siguiente ecuación:

- Fuentes de área (excluidos pabellones):

$$TEO(ou_e \cdot s^{-1}) = FE(ou_e \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) \cdot A(m^2)$$

- Pabellones[15]:

$$TEO(ou_e \cdot s^{-1}) = FE(ou_e \cdot cerdo^{-1} \cdot s^{-1}) \cdot nºcerdos(cerdo) \cdot A_{cortinas}(m^2) \cdot A^{-1}_{techo_pabellon}(m^2)$$

En el caso particular de los pabellones se ha tratado esta fuente como una difusa o de área superficial debido a que mediante la metodología de identificación de fuentes satelital solamente se dispone de un perfil en planta de las fuentes. . La emisión de una fuente de área o difusa viene determinada por la altura de la base de la zona expuesta a la atmósfera (h_b), el área disponible para realizar la emisión al ambiente y la altura efectiva de emisión tomada como una función gaussiana con una dispersión inicial vertical (σ_z) (Figura 6-4).

Ahora bien, la altura efectiva de los pabellones (σ_z) se ha establecido en 0,5 m asimilándolo a la altura a la que está situadas las cortinas laterales en los pabellones con ventilación por convección natural o forzada con ventiladores.

[15] Se consideran para todos los planteles modelados que el número de animales por pabellón permanece constante a los largo del año.

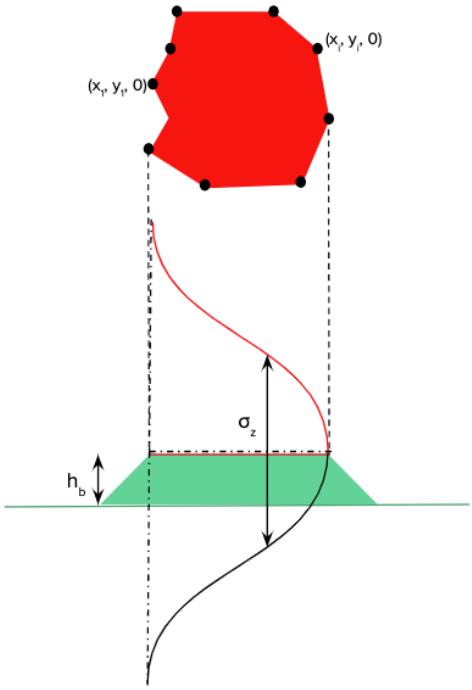


Figura 6-4 Descripción gráfica de las variables que definen la emisión desde una fuente de área o difusa

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3 Datos meteorológicos

En lo referente a los estudios realizados al amparo de esta licitación, se ejecuta la pasada de WRF para un año de datos inicializado a partir de los datos de reanálisis FNL del National Centers for Environmental Prediction (NCEP). El año base de datos meteorológicos será el precisado por la contraparte técnica, y en caso de no optar por una preferencia en la elección de año base, se elegirán aquel o aquellos representativos de las condiciones climatológicas de la zona. De este modo, y partiendo de condiciones a escala sinóptica del NCEP, se seguirá un patrón de dominios anidados hasta obtener 1 dominio de modelado a alta resolución (1 km^2) sobre las zonas de estudio, obteniendo datos horarios de más de 20 variables meteorológicos y a 31 niveles diferentes de altura.

La configuración de los dominios de WRF se realizará conforme a las recomendaciones de la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA (2012) y del documento del Centro Nacional de Energía (CNE) “Modelación del recurso solar y eólico en el norte de Chile” (2009), teniendo en cuenta los dominios espaciales de modelación y el siguiente conjunto de parametrizaciones físicas:

Dominio:

- Resolución horizontal 1,000 m, 3,000 m, 9,000 m y 27,000 m.
- Niveles verticales: 31.
- Altura del tope del dominio: 15 km.
- Espaciamiento en superficie: 25 m.
- Espaciamiento en el tope del dominio: 2,000 m.
- Proyección del Mapa: Mercator.

Física:

- Esquema de radiación: Goddard (onda corta) y RRTM (onda larga).
- Modelo del suelo: Noah 4 layer scheme.
- Tratamiento de capa superficial: Monin-Obukhov Similaridad.
- Parametrización de la Capa Límite: Esquema YSU.
- Esquema de convección: Kain-Fritsch.
- Microfísica de nubes y precipitación: WSM (3 especies microfísicas).
- Parametrización de turbulencia: Smagorinsky (primer orden).

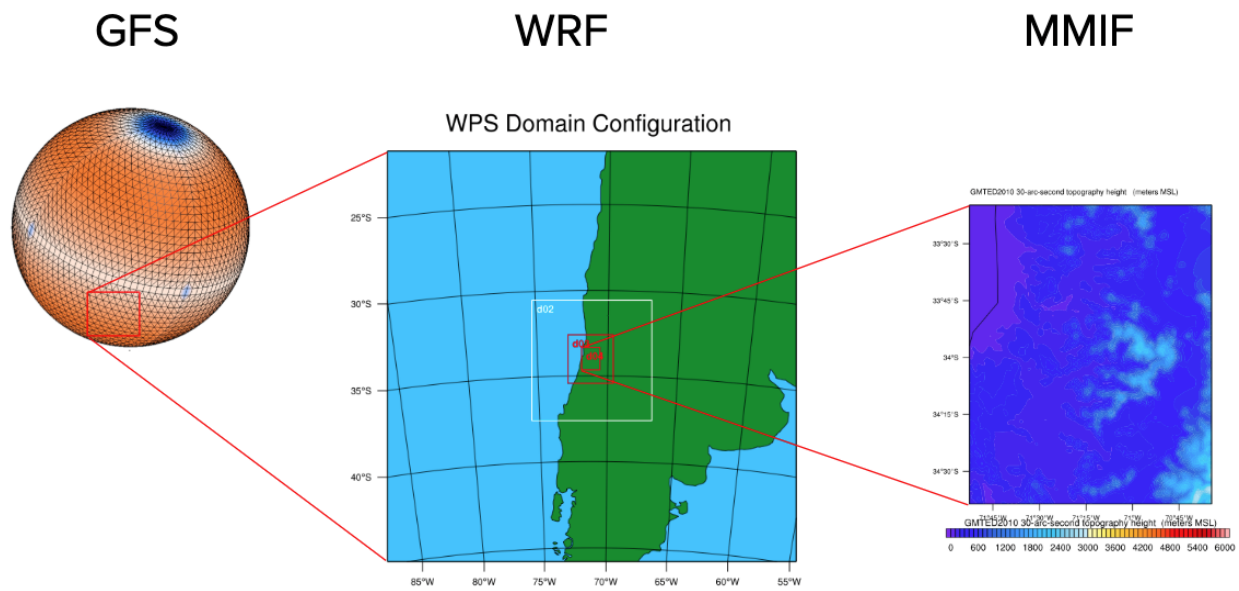


Figura 6-5 Metodología aplicada para obtener la meteorología local de entrada para realizar el análisis de dispersión atmosférica

Fuente: Elaboración propia

El modelo GFS proporciona las condiciones iniciales y frontera para el modelo WRF. Los ficheros utilizados de reanálisis del FNL se corresponden con una resolución de 0.25°x0.25° y un intervalo de tiempo de 3 horas. La resolución de 1°, tomando a la Tierra como una esfera perfecta, se corresponde con aproximadamente 110 km, por lo que los datos de reanálisis presentan prácticamente la misma resolución espacial (27.5 km) que el dominio D1 de WRF (Figura 6-6).

Ahora bien, las parametrizaciones físicas y la resolución del modelo de elevación digital (DEM) utilizado en WRF permite mejorar el comportamiento de los patrones meteorológicos mesoescala frente a los comportamientos globales proporcionados por el GFS.

Se siguió un patrón de 4 dominios anidados en relación 1:3 de 27 (D01), 9 (D02), 3 (D03) y 1 (D04) km de resolución espacial, alimentados por los datos del NCEP GFS (ds084.1) a 0.25 de resolución espacial en intervalos de 3 h de resolución temporal. De este modo, y partiendo de condiciones a escala sinóptica del GFS, se obtuvieron datos horarios de más de 20 variables meteorológicas a 31 niveles diferentes de altura.

Una vez realizadas las simulaciones con el modelo WRF se extraen para el dominio más pequeño, en cuya extensión se encuentran la mayoría de los planteles a analizar, los datos meteorológicos en superficie y en altura, a través del preprocesador MMIF (*The Mesoscale Model Interface Program*), que convierte los campos de las salidas del modelo de mesoescala en los parámetros y formatos requeridos por CALPUFF.

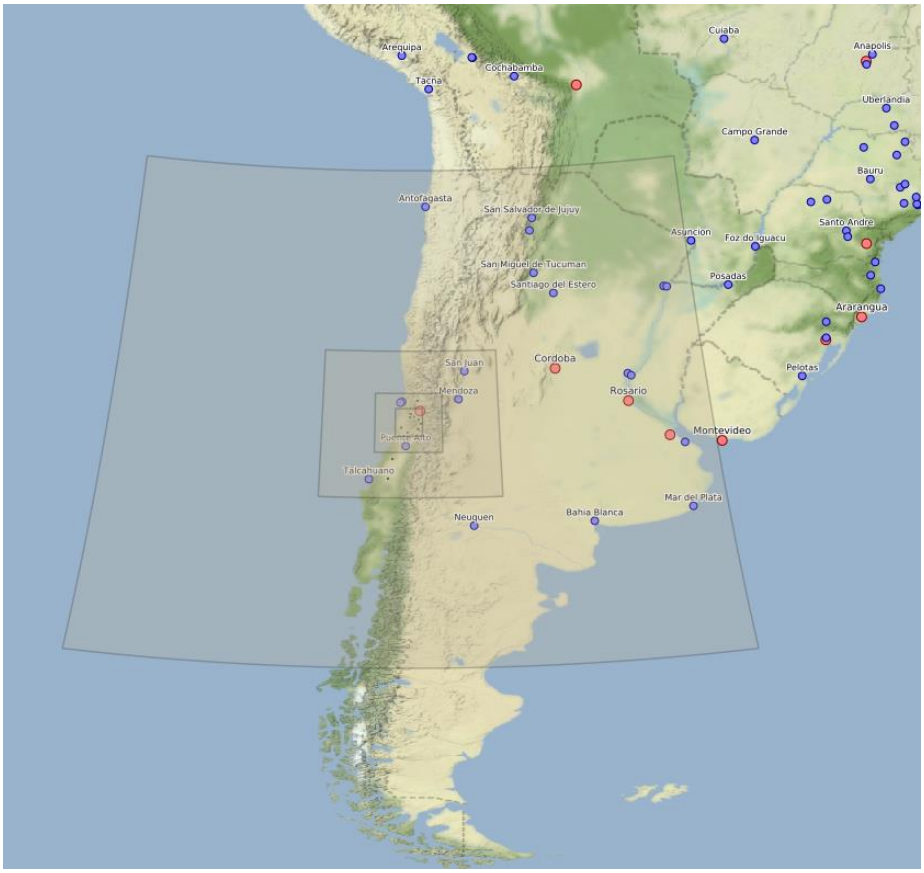
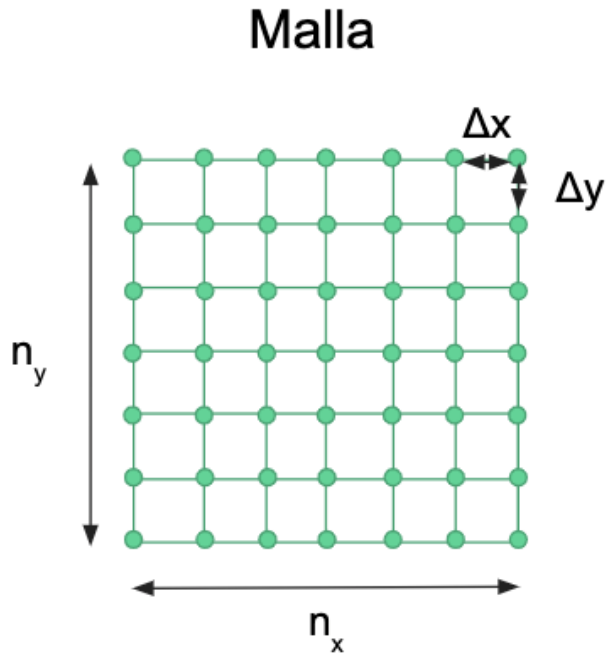


Figura 6-6 Dominios anidados de simulación WRF sobre la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Las características técnicas de cada uno de los dominios están recogidas en Figura 6-7.



	D1	D2	D3	D4
Δx	27	9	3	1
Δy	27	9	3	1
n_x	100	88	100	121
n_y	100	88	106	148
L_x	2700	792	300	121
L_y	2700	792	318	148

*Unidades en km

Figura 6-7 Distribución de la malla para cada dominio utilizado
Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3.1 Pre-procesador MMIF

La EPA ha desarrollado un pre-procesador meteorológico denominado **MMIF** (*The Mesoescale Model Interface Program*). El *Mesoscale Model Interface Program* (MMIF) convierte las salidas

de los modelos meteorológicos de diagnóstico y pronóstico a los parámetros y formatos requeridos para la entrada directa en los modelos de dispersión; en concreto para los modelos AERMOD, CALPUFF y SCICHEM. La versión actual del MMIF (3.4) procesa específicamente los campos geofísicos y meteorológicos del modelo MM5 (*Fifth Generation Mesoscale Model*) y del modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF). Además, el MMIF incorpora diversas opciones, como parametrizaciones para el desarrollo de la altura de la capa límite. Los datos de terreno y usos de suelo son extraídos directamente de las salidas de WRF, siendo en este caso los correspondientes al USGS con una resolución aproximada de 1 km.

En este sentido, una de las ventajas del preprocesador MMIF es la generación de ficheros meteorológicos de entrada directa a CALPUFF, es decir, ficheros "*CALPUFF READY*" a partir de estos modelos meteorológicos.

Siguiendo estas premisas, la metodología utilizada para la generación de ficheros con las variables meteorológicas anuales ha sido la siguiente:

1. Modelización meteorológica anual: Se realizó la ejecución del modelo WRF para un año completo de datos (2018), con resolución temporal horaria y espacial de 1 km.

2. Las salidas de WRF han sido tratadas por el pre-procesador MMIF para su entrada directa en el modelo CALPUFF para el dominio D04 (1km), teniendo que utilizarse la misma resolución horizontal que en WRF.

3. La resolución vertical del modelo utilizada ha sido la recomendada por la USEPA, basada en los siguientes niveles en altura: ZFACE = 0, 20, 60, 100, 160, 320, 700, 1300, 1700, 2300 y 3000 m.

Así, el fichero final obtenido tras su pre-proceso con MMIF será el análogo y correspondiente a al CALMET.DAT.

En los planteles cuya extensión abarcan el dominio D04 se utilizó la metodología WRF/MMIF/CALPUFF: PP-14, PP-21, PP-98, PP-10, PP-39, PP-45, PP-59 y PP-101.

6.2.1.3.2 Pre-procesador CALWRF

El preprocesador meteorológico CALWRF permite utilizar los datos de salida netCDF del modelo meteorológico de pronóstico WRF, extrayendo y reformateando los campos vectoriales, tales como el viento, y escalares como la temperatura, de modo que pueda ser utilizado por el modelo meteorológico de diagnóstico CALMET.

Esta metodología se utilizó en los planteles PP-113, PP-114 y PP-121 cuya ubicación excedía del dominio D04 del modelo WRF de resolución 1 km x1 km. Con el objetivo de obtener de igual

modo una resolución de 1 km x1 km se utilizó el preprocesador CALWRF, utilizando a posteriori el modelo de CALMET a 1 km de resolución espacial y posterior ejecución de CALPUFF. En este caso, los usos de suelo y topografía utilizados han sido también proporcionados por USGS y mismos niveles en altura que en el anterior caso con el preprocesador MMIF.

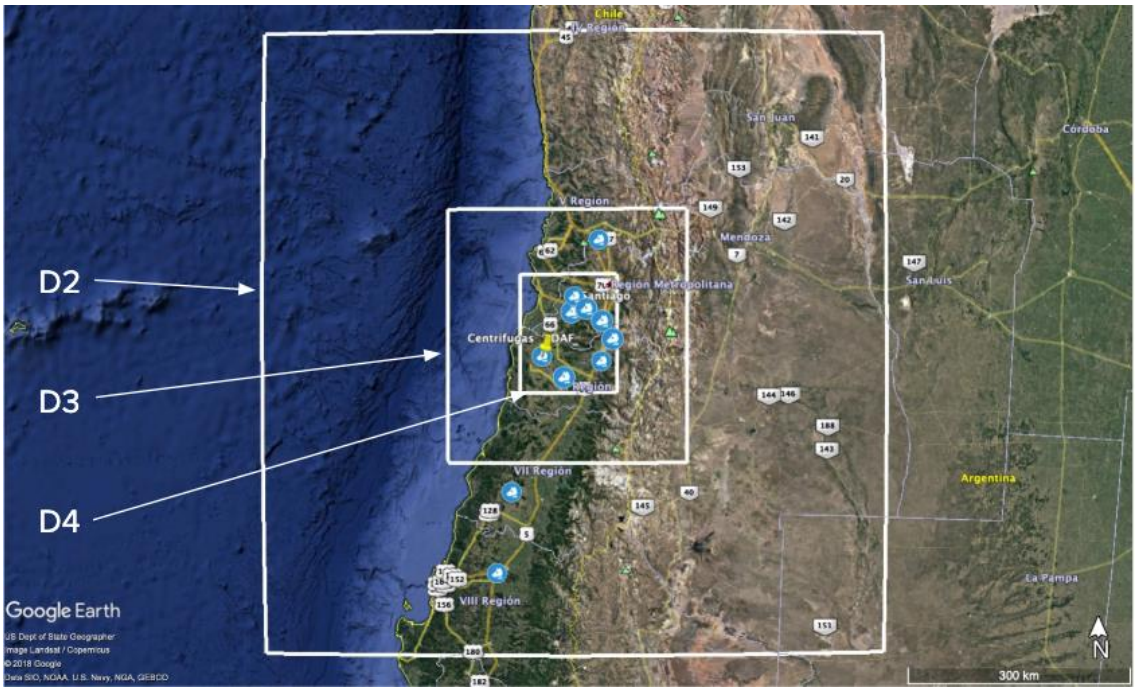


Figura 6-8 Ubicación de los planteles a modelar dentro de los dominios de WRF
Fuente: Elaboración propia

6.2.1.4 Metodología para determinar la distancia de los receptores al plantel respectivo

Para determinar la distancia de separación entre los planteles porcinos y los receptores, se han tomado como base dos métodos propuestos por el *Guideline Recommended separation Guideline distances for industrial residual air emissions* (EPA Victoria, 2013) y el *Guideline Odour emissions* (Department of Water and Environmental Regulation, 2019). Estos métodos difieren en la forma en que se determina el punto de medición para el uso del suelo más cercano, dependiendo si la zona es rural o urbana en función del área de cada terreno.

Método Urbano

Este método determina la distancia de separación como la distancia entre límite de actividad de la industria hasta límite de propiedad del uso del suelo más cercano. Este método debe aplicarse solo en los siguientes casos:

- El uso del suelo más cercano es un área urbana o municipio, lo que incluye principalmente condominios o sectores conglomerados cuya división corresponde a terrenos menores de 0.4 hectáreas, o en zonas donde se permitan que las subdivisiones sean menores a 0.4 hectáreas.
- La distancia se determina como el tramo que une el polígono convexo que une las fuentes de emisión y el límite de la propiedad privada (límite del terreno).

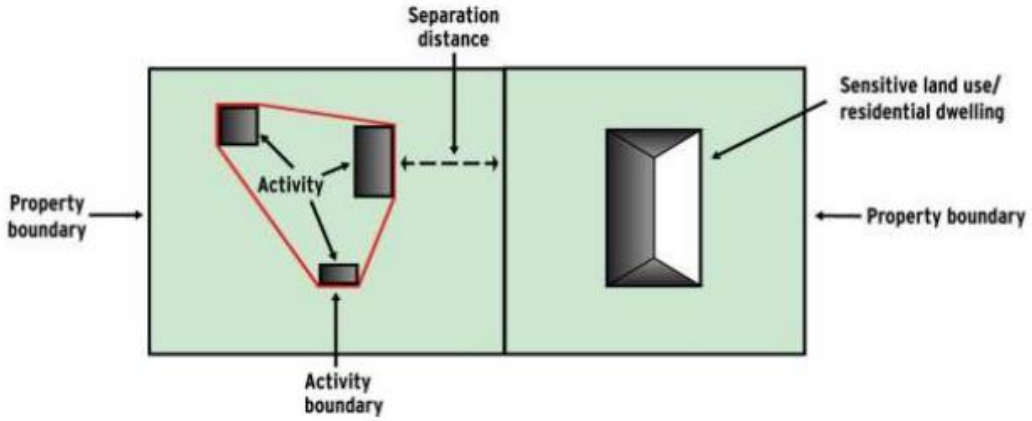


Figura 6-9 Distancia de separación desde el límite de actividad de la industria hasta el límite de propiedad más cercano
Fuente: (EPA Victoria, 2013)

Método Rural
Este método determina la distancia de separación como la distancia entre el límite de actividad de la industria al límite de actividad del uso del suelo más cercano, donde el límite de actividad del uso de la tierra es el área dentro de un polígono convexo que incluye todos los usos de suelo actuales o propuestos (casas, piscinas, estacionamientos, etc.). El método rural debe aplicarse solo en los siguientes casos:

- En sitios de al menos 0.4 hectáreas o zonas donde se requiere que las subdivisiones sean de al menos 0.4 hectáreas.
- En este caso, la distancia se determina como el tramo entre el polígono convexo que une las fuentes de emisión y el polígono que une las fuentes receptoras. De esta manera, la distancia es hasta el punto de las actividades desarrolladas por los receptores, y no necesariamente en el límite del terreno.

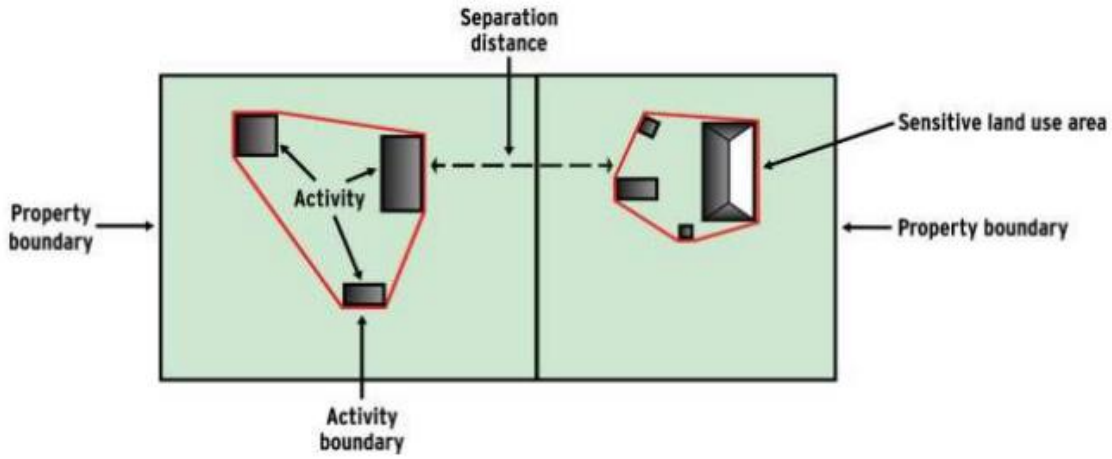


Figura 6-10 Distancia de separación del límite de actividad de la industria al límite de actividad del uso de la tierra

Fuente: (EPA Victoria, 2013)

Finalmente, estos dos métodos han sido utilizados para determinar las distancias a los receptores, tomando en consideración el área de los terrenos, magnitud que ha sido determinado a través de *Google Earth*. Adicionalmente, para el cálculo de las distancias a los receptores se han realizado los siguientes supuestos:

- Para determinar el receptor más cercano de un plantel porcino, se ha utilizado el polígono convexo que une todas las fuentes emisoras, y respecto de este se ha determinado la mínima distancia entre el polígono y el receptor, con la idea de la línea recta que une estos dos puntos.
- Para determinar la distancia al receptor más cercano a un sector, se ha considerado el polígono convexo que considera solo el sector, mientras que la distancia se calcula como la mínima distancia entre el sector y el receptor.
- Para determinar los 15 receptores asociados a un plantel, se ha utilizado el criterio de mínima distancia para que estos sean definidos, es decir, los 15 agentes definidos son los receptores que por distancia horizontal están más cercanos al plantel, dejando de lado otras variables como la dirección del viento, relieve, etc.
- Cuando se posee un conjunto habitacional (limitado por calles) cuyos sitios tienen un área inferior a 0.4 hectáreas, se ha considerado que cada conjunto es un único receptor, por el contrario, si el área del sitio es superior a 0.4 hectáreas, cada sitio corresponde a un receptor independiente.
- Aquellos receptores que están dentro del polígono convexo que une las fuentes emisoras no será considerados (distancias igual a 0).
- Todo cálculo de distancia está asociado a la línea recta que une la fuente emisora con el receptor.

6.2.2 Modelación de la dispersión atmosférica

Con los resultados obtenidos en las medidas o estimaciones de emisión y la información meteorológica, se modelarán las emisiones obtenidas para conocer cuál es la contribución de las fuentes emisoras a las concentraciones de los receptores ubicados a nivel de suelo, es decir, su potencial impacto en los niveles de inmisión en los alrededores.

Para llevar a cabo esta fase, se realizará la simulación de la dispersión mediante CALPUFF, modelo alternativo de uso regulatorio de la U.S. Environmental Protección Agency (USEPA) para estudios de dispersión de contaminantes atmosféricos[16]. La justificación de la elección de un modelo lagrangeano como CALPUFF se realiza siguiendo las recomendaciones de la *Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA*.

El sistema de dispersión CALPUFF consta de 2 módulos principales: El modelo de diagnóstico meteorológico CALMET y el modelo de dispersión atmosférica CALPUFF. Siguiendo las recomendaciones de la *Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA*. Salvo en casos de planteles fuera del dominio más pequeño (D04) no se utiliza CALMET, y en su lugar se utilizan los datos proporcionados por MMIF.

La versión utilizada en este proyecto ha sido la última aprobada por la USEPA, CALPUFF - Versión 5.8.4 - Level 130731, así como su post-procesador asociado CALPOST - Versión 6.221 - Level 082724.

6.2.3 Escenarios de modelación

La propuesta normativa a evaluar consiste en una norma de olores que establece tres tipos de exigencias, las que se presentan en las siguientes tablas, según el tamaño del plantel.

[16] https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models

Tabla 6-5 Exigencias asociadas a la propuesta de norma de olores

Tamaño Plantel	Escenario	Acción que implica
Pequeño	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Cubierta flotante, 70% de reducción
Mediano	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Tratamiento secundario, Biodigestor 77% de reducción
Grandes	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Tratamiento secundario, Biodigestor 77% de reducción
	Esc. 2: 7 ou_E/m^3	Sistema túnel (43% reducción) y/o biofiltro (70% reducción), en caso de que aplique, 43% de reducción
	Esc. 3: 5 ou_E/m^3	

[a]Uno de los planteles modelados cuenta ya con sistema túnel en sus pabellones, por lo cual se implementa sistema biofiltro para el escenario 2.

Fuente: Elaboración propia

Para dar cumplimiento a las exigencias establecidas en la Tabla 6-5, los planteles deberán implementar diferentes medidas de reducción de emisiones, según sus características de tamaño o cadena de manejo.

La modelación evalúa un primer escenario que corresponde a la línea base, es decir, modelación de los planteles con las características actuales de número de animales y cadena de manejo del purín.

Luego, se evaluarán escenarios que respondan a alcanzar, para los planteles categorizados como grandes, limites en los receptores más cercanos según los límites que se están evaluando (5 y 7 ou_E/m^3).

En la Sección 6.3.2 se presenta para cada uno de los planteles modelados las consideraciones que se realizan en cada uno para evaluar este escenario, así como la determinación del nivel de incertidumbre asociado a la identificación de las fuentes de emisión.

6.3 Resultados

En este capítulo se realiza un resumen de estos resultados y se exponen los mapas representados sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando como base la cartografía digital de terreno de la zona. Estos mapas trazan, mediante líneas de isodoras, aquellos puntos que tienen el mismo rango de concentración de olor, tomando como límites del odorante de todas las fuentes el percentil 98 $C_{P98\text{-}1h}$: 3, 5 y 7 [ou_e/m^3] (diferenciando las isodoras por colores para indicar la concentración correspondiente).

6.3.1 Validación meteorológica (actividad adicional)

Una vez obtenidos los resultados de la modelación numérica meteorológica por el modelo WRF, se debe analizar el grado de validez de los resultados numéricos obtenidos contrastándolos con la red de monitoreo meteorológico superficial.

La validación meteorológica consiste en contrastar los resultados obtenidos numéricamente frente a las observaciones en terreno. Ya que los datos a analizar se corresponden con series temporales, se puede realizar un análisis de distribución de la frecuencia (rosas de vientos) además de comparar cada dato observado con su homólogo simulado y establecer criterios de calidad estadísticos.

Tabla 6-6 Criterios de validez para características meteorológicas

Variable Meteorológica	Variable Estadística	Criterio de Validez
Velocidad Viento (u_{10})	RMSE	≤ 2 m/s
	BIAS	≤ ±0.5 m/s
	IOA	≥ 0.6
Dirección Viento (º)	MAE	≤ 30°
	BIAS	≤ ±10°
Temperatura Superficial (2 m)	MAE	≤ 2K
	BIAS	≤ ±0.5K
	IOA	≥ 0.8

Fuente: (Emery, Tai, & Yarwood, 2001)

Donde,

$$BIAS = \frac{1}{IJ}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I}(P_j^i - O_j^i)$$

$$MAE = \frac{1}{IJ}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I}|P_j^i - O_j^i|$$

$$RMES = \sqrt{\frac{1}{IJ}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I}P_j^i - O_j^i}$$

$$IOA = 1 - \frac{IJ * RMSE^2}{\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I}\left|P_j^i - M_o\right| + \left|O_j^i - M_o\right|}$$

Siendo,

j: observación en un tiempo determinado.
i: lugar de observación.
J: número total de observaciones temporales.
I: número total de lugares de observación.
O: variable observada/medida.
P: variable predicha por el modelo WRF.
M_o: valor promedio de las observaciones

Las estaciones seleccionadas para realizar la validación meteorológica se detallan a continuación:

- Aeropuerto Arturo Merino Benítez: SCEL_855740. Red NOAA.
- Aeródromo de Rodelillo: SCVM_859212. Red NOAA.
- Codelco[17]: Red SINCA.
- Chillán[18]: Red SINCA.
- Rancagua[19]: Estación Rancaqua II. Red SINCA.
- Talagante[20]: Red SINCA.

La ubicación de cada estación dentro de los dominios de WRF se presentan en la Figura 6-11. Las estaciones del Aeropuerto Arturo Merino Benítez, Talagante y Rancagua están dentro del dominio D04 de resolución de 1 km, mientras que Codelco y el Aeródromo de Rodelillo se sitúan en el dominio D03 de 3 km; la estación de Chillán por su parte está situada en el dominio D02 de 9 km.

[17] https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/id/109
[18] https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/810
[19] https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/615
[20] https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/D28

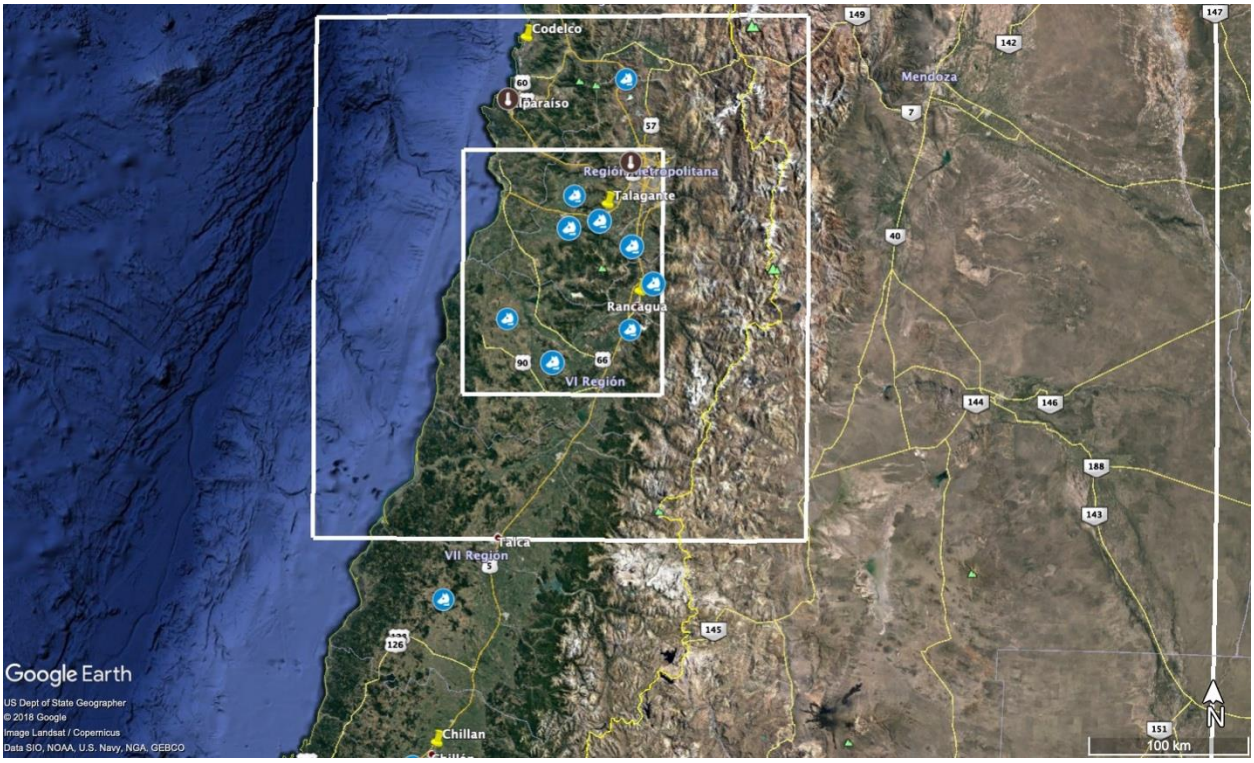


Figura 6-11 Ubicación de las estaciones meteorológicas que reportan mediciones a la NOAA[21] (marrón), de la red nacional SINCA (amarillo) y ubicación de los planteles (celeste)

Fuente: Elaboración propia

Para realizar un análisis objetivo del grado de validez del modelo meteorológico se analizaron los estadísticos cuyos resultados se presentan en la Tabla 6-7.

[21] http://weather.rap.ucar.edu/surface/stations.txt

Tabla 6-7 Resumen estadístico de la validación de WRF frente a las estaciones meteorológicas superficiales

	Velocidad Viento (m/s)			Dirección Viento (º)		Temperatura (ºC)		
STATS	RMSE	Bias	IOA	MAE	Bias	MAE	Bias	IOA
EMERY (2011)	≤ 2	≤± 0.5	≥ 0.6	≤ 30	≤± 10	≤ 2 K	≤± 0.5	≥ 0.8
SCEL_855740	2	-0.3	0.6	48	-15	2	-0.3	0.8
SCVM_859212	4	2.2	-0.1	68	-31	2	1.2	0.7
RANCAGUA	2	1.0	0.3	77	22	4	-1.0	0.7
TALAGANTE	2	1.6	-0.3	72	3	4	0.1	0.6
CODELCO	3	1.3	-0.1	78	2	3	1.8	0.6
CHILLÁN	3	2.1	-0.3	66	-2	3	-0.6	0.7

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de velocidad del viento sugieren una sobreestimación generalizada por parte de WRF en la predicción tal y como se muestra con el BIAS positivo. Este resultado concuerda con el comportamiento general de los modelos de mesoescala como WRF a la hora de representar fenómenos locales con el nivel de resolución empleado de 1x1 km. Este sesgo positivo se verá reflejado en una subestimación de los niveles de concentración en inmisión predichos por el efecto de advección, la cual no se puede cuantificar sin realizar un análisis de sensibilidad (alcance fuera del presente estudio).

Del conjunto de estaciones seleccionadas (Tabla 6-7) el modelo WRF cumple los criterios de calidad de velocidad y temperatura en la estación del aeropuerto de Arturo Merino Benítez en Pudahuel (SCEL_855740). Esta estación está situada en una zona abierta y lejana a edificaciones o formaciones montañosas que puedan generar modificaciones bruscas (*no smooth*) del perfil de velocidad del viento de componente geostrófico dominante en los modelos mesoescala o regionales como el WRF.

El resto de las estaciones superficiales, sobre todo las de la red SINCA, están situadas en zonas urbanas ya que su objetivo principal consiste en monitorear los niveles de calidad ambiental de contaminantes primarios y secundarios según las normas de calidad primarias. Al estar en terreno urbano están sujetas a efectos hidrodinámicos muy locales para los cuales WRF no ha sido desarrollado. Para ello se debe recurrir a modelaciones CDF (Computational Fluid Dynamics) cuya resolución espacial y parametrizaciones son adecuadas para representar patrones de viento forzados por bloqueos de edificaciones.

Como los planteles no están situados en zonas urbanas, no presenta un inconveniente mayor que la bondad del ajuste de WRF en terreno urbano sea rechazada según los criterios de calidad establecidos por Emery *et al.*(2001).

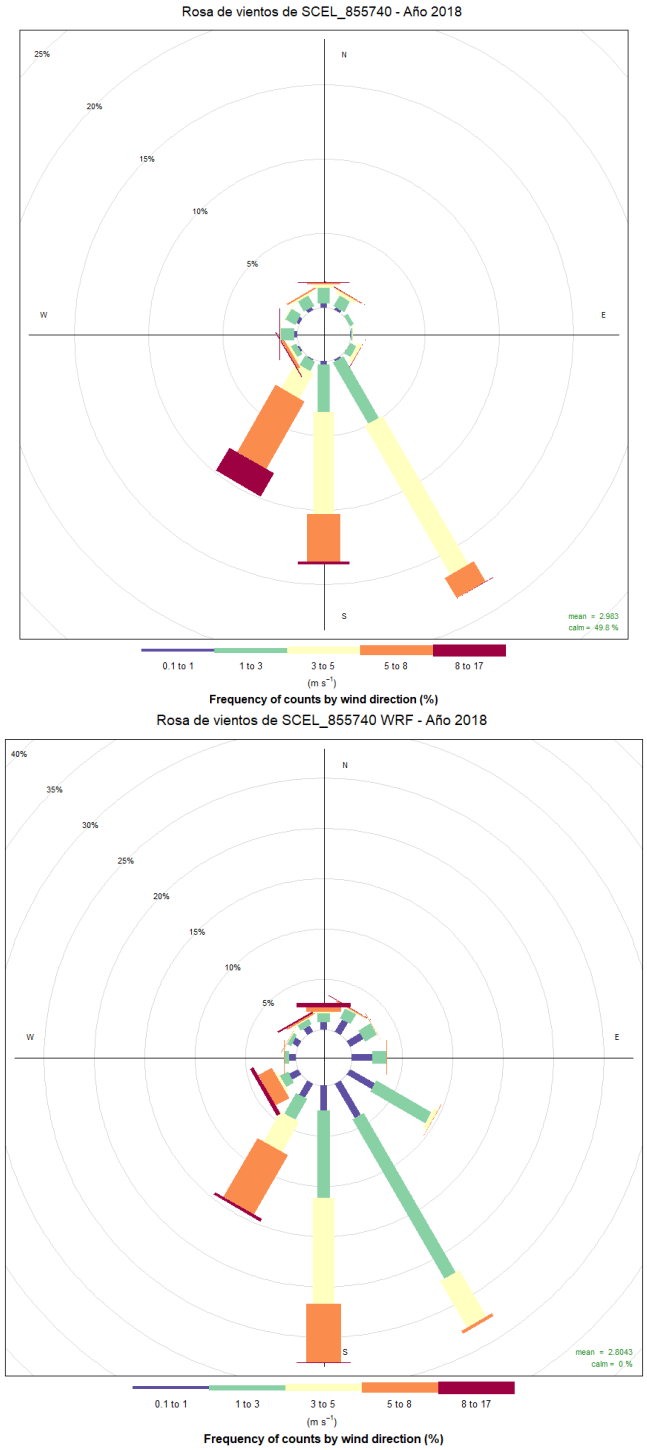


Figura 6-12 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación SCEL_855740

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Modelación de dispersión atmosférica de olor

Los resultados por plantel, se presentan por medio de las siguientes secciones:

- Caracterización del plantel: Presentación general del plantel, tamaño, fuentes identificadas (y nivel de incertidumbre asociado).
- Emisión de olor: Se identifican las fuentes específicas, su factor de emisión y nivel de actividad.
- Resultados de modelación: Se exponen los gráficos de modelación de la línea base de emisiones.
- Resumen escenarios e identificación de receptores: se presentan los escenarios evaluados, las medidas implementadas y el efecto en la concentración en los receptores.
- Análisis resultados plantel: se analizan los diferentes escenarios y su impacto sobre el análisis de cumplimiento para cada plantel.

A continuación, se presentan los resultados de las modelaciones por plantel de manera individual analizando los niveles de reducción en la concentración en los receptores discretos identificados para cada uno de los planteles. En el Anexo 11.6 (*gridded vs discrete*) se explica las diferencias de analizar los niveles de inmisión por cada uno de los métodos, sus bondades y limitaciones correspondientes.

Al final de se presenta un análisis general de los resultados para todos los planteles, para identificar tendencias de emisión, fuentes relevantes, participación porcentual de las diferentes etapas, etc.

6.3.2.1 PP-39

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N° 39 se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago y está conformado por 4 sectores, donde cada uno de ellos presenta pabellones de maternidad, recría y de engorda, con un tamaño de producción pequeño en función de su número total de animales (Figura 6-13).

Figura 6-13 Ubicación del plantel PP-39 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

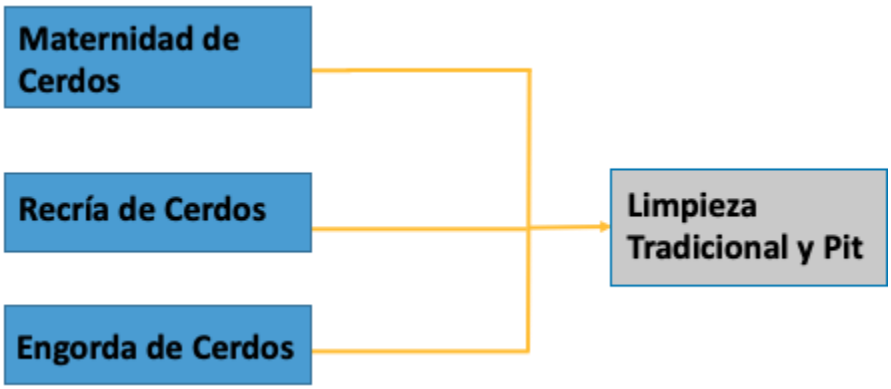


Figura 6-14 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-39
Fuente: Elaboración propia

El sistema de manejo de purín está conformado por descarga directa de los purines generados sin unidades de proceso intermedias. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** como consecuencia que se pudieron identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus parámetros de actividad (PA) correspondientes.

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel, se excluyó de su análisis a las fuentes de emisión provenientes del tratamiento de los purines, de acuerdo al siguiente criterio:

- No se dispone de información fehaciente y verídica sobre ubicación de las plantas de tratamiento y la resolución de las imágenes satelitales es insuficiente para poder estimarlo.

Tabla 6-8 Identificación de fuentes de emisión PP-39

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda 1	E	3,294	animales	6.7	ou_E/animal*s	22,060
2	Sector Engorda 2	E	2,823	animales	6.7	ou_E/animal*s	18,908
3	Sector Maternidad	M	1,010	animales	14.1	ou_E/animal*s	14,282
4	Sector Engorda 3	E	1,412	animales	6.7	ou_E/animal*s	9,454
5	Sector Recría	R	2,996	animales	2.7	ou_E/animal*s	8,126

Fuente: Elaboración propia

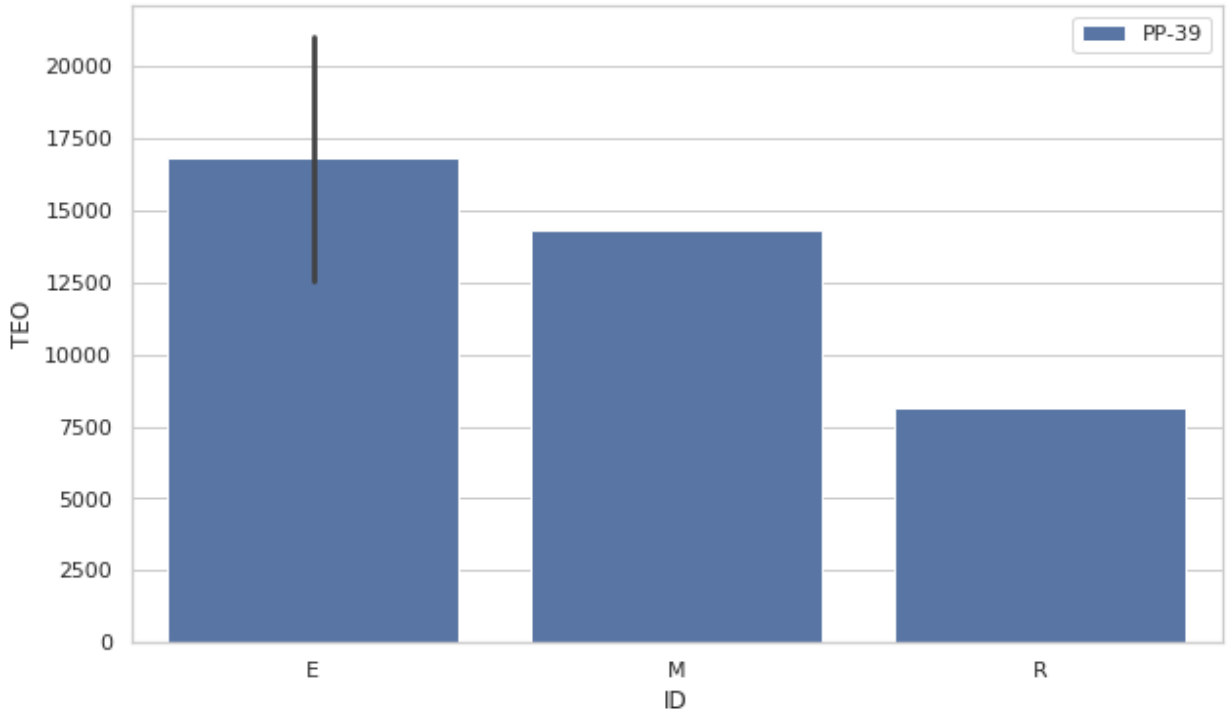


Figura 6-15 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-39

Fuente: Elaboración propia

- **Resultados de modelación:**

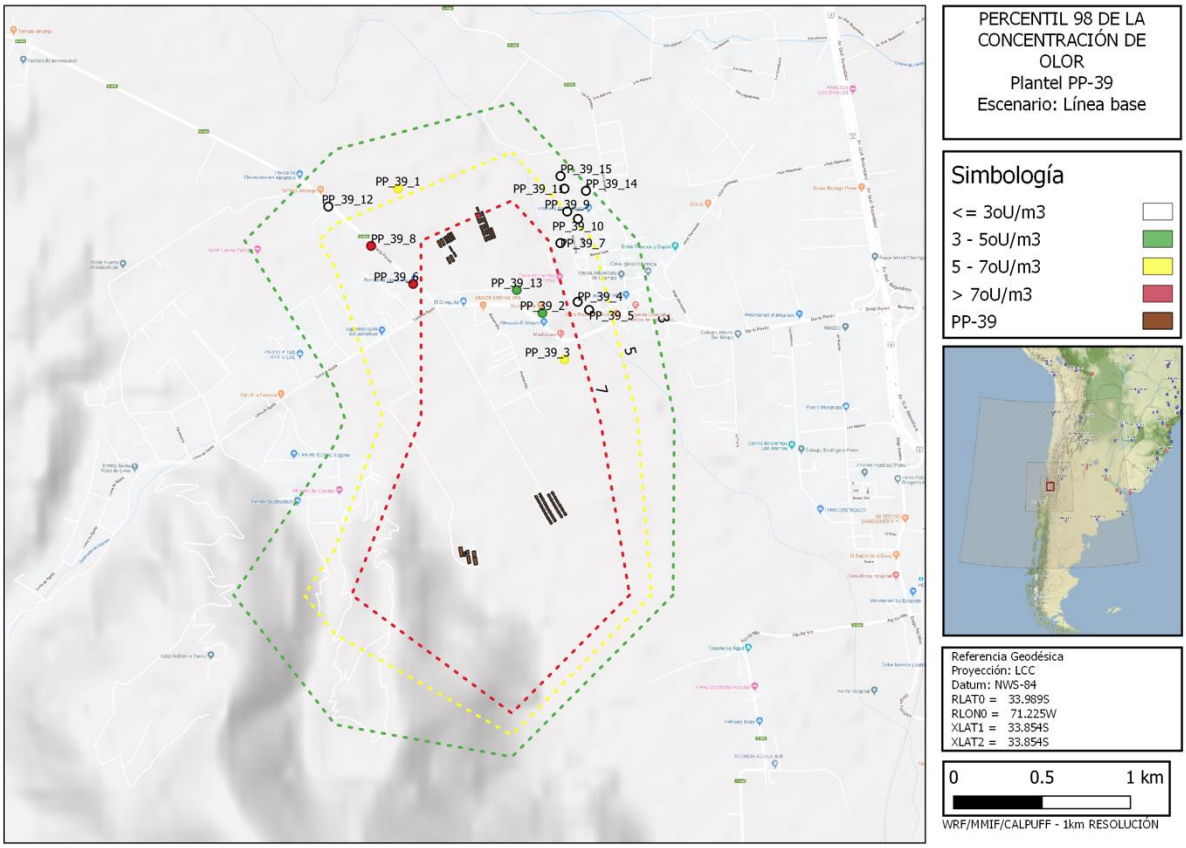


Figura 6-16 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-39

Fuente: Elaboración propia

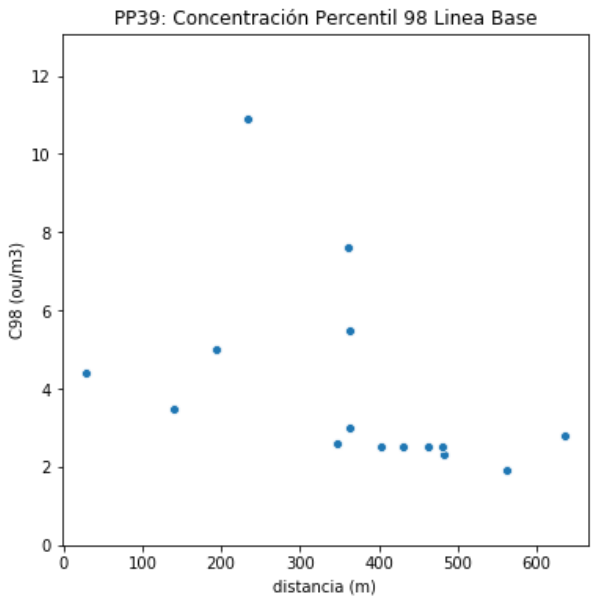


Figura 6-17 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-39

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-9 Resultados modelación de escenarios en PP-39 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1
			Cubierta pozo	Reducción en laguna
1	77	6	No tiene pozo	No tiene laguna
2	137	4		
3	229	5		
4	325	3		
5	361	3		
6	457	11		
7	518	3		
8	2,180	8		
9	1,930	3		
10	1,749	2		
11	1,603	3		
12	1,516	3		
13	1,572	4		
14	2,097	2		
15	2,036	3		

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**:

El presente plantel al no disponer de sistema de tratamiento de purín sino que se acumula en los pabellones, la totalidad de las emisiones se corresponden con las etapas de producción (maternidad, recría y engorda). En líneas generales los niveles de concentración en los receptores se sitúan por debajo de las 7 ou_E/m^3 exceptuando los receptores número 6 y 8 cuyos niveles superan las 7 ou_E/m^3.

6.3.2.2 PP-121

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N°121 se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago y está constituido de un sector, que posee pabellones de gestación, pabellones e maternidad y una laguna de acumulación. El tamaño del plantel es pequeño, en función de su número total de animales (Figura 6-18).

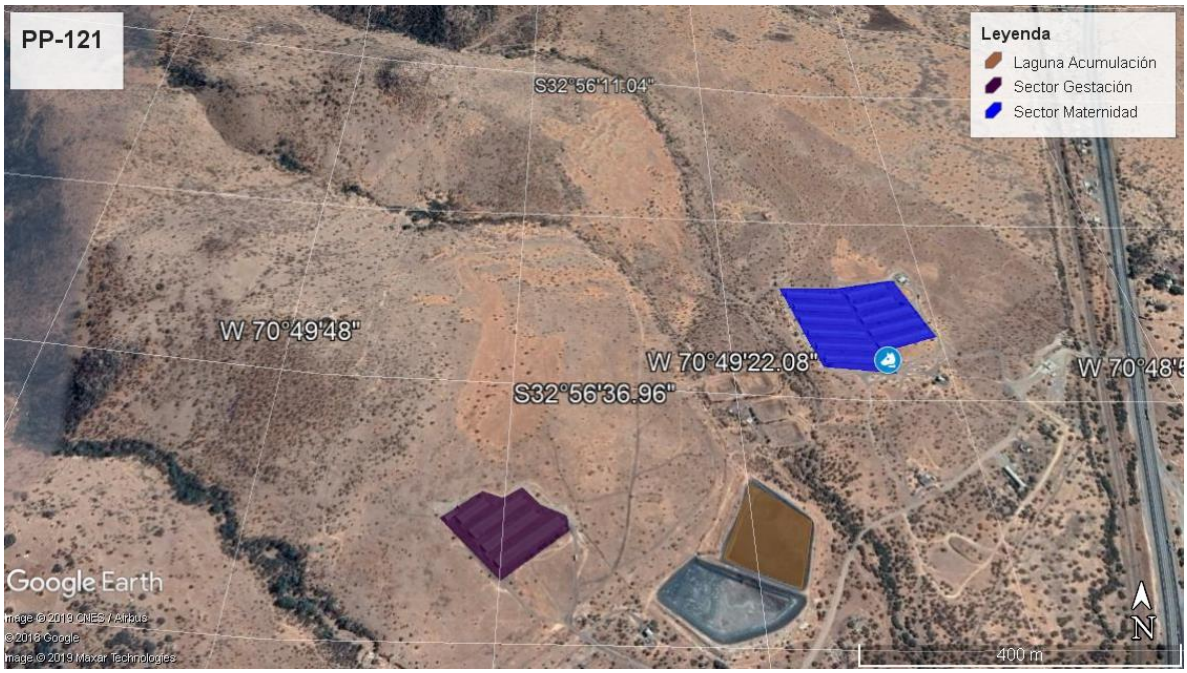


Figura 6-18 Ubicación del plantel PP-121 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El plantel cuenta con producción porcina de gestación y engorda, así como un sistema de tratamiento de purines físicos/mecánicos, es decir, eliminación de materia orgánica mediante separación, floculación y posterior acumulación en lagunas. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** debido a que se pudo identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus niveles de actividad asociados.

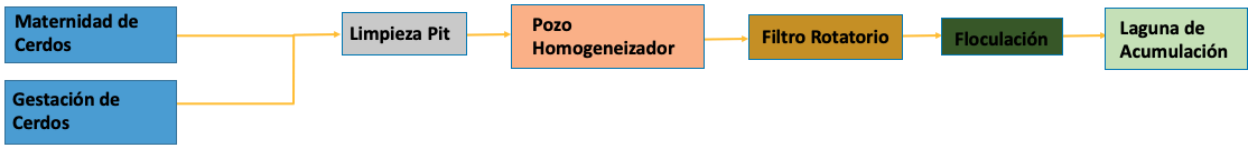


Figura 6-19 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-121

Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Se consideraron todas las fuentes geoespaciales identificadas en la periferia, desarrollando el siguiente cuadro (Tabla 6-10).

Tabla 6-10 Identificación de fuentes de emisión de PP-121

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Laguna Acumulación	LAG	116,000	m^2	14.7	ou_E/m^2*s	170,748
2	Sector Gestación	G	4,521	animales	13.6	ou_E/animal*s	61,627
3	Pozo de homogenización Sitio 1	PH	28	m^2	83.0	ou_E/m^2*s	48,105
3	Pozo de homogenización Sitio 2	PH	28	m^2	83.0	ou_E/m^2*s	48,105
4	Sector Maternidad	M	560	animales	19.2	ou_E/animal*s	10,732
5	Filtro Rotatorio Sitio 1	PT	28	m^2	1,718	ou_E/m^2*s	2,334
5	Filtro Rotatorio Sitio 2	PT	28	m^2	1,718	ou_E/m^2*s	2,334

Fuente: Elaboración propia

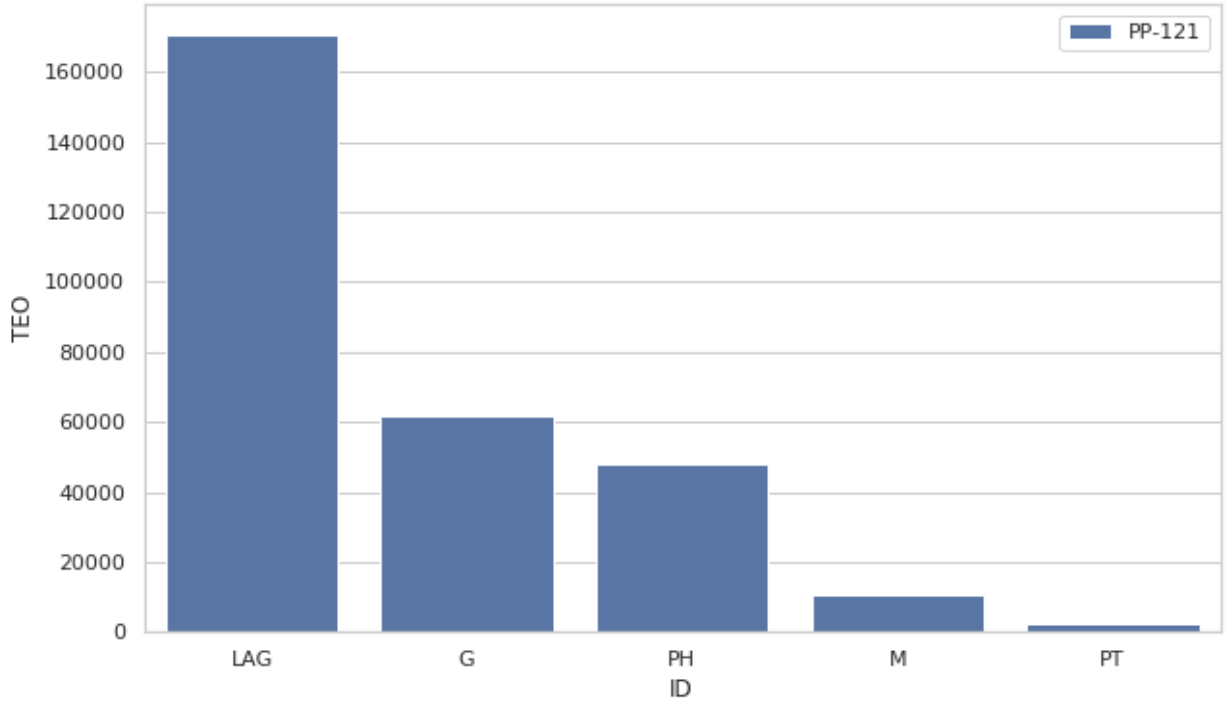


Figura 6-20 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-121
Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 21% para los pabellones y un 79% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

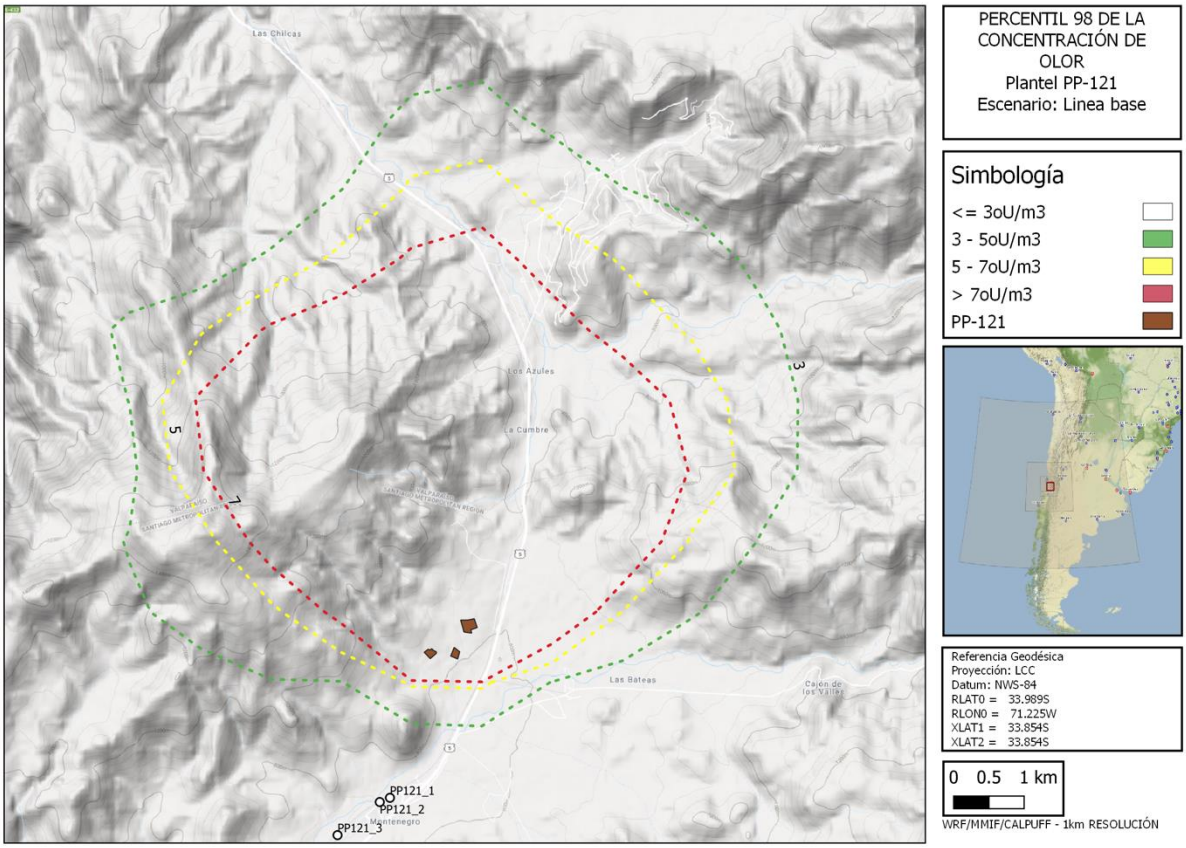


Figura 6-21 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-121

Fuente: Elaboración propia

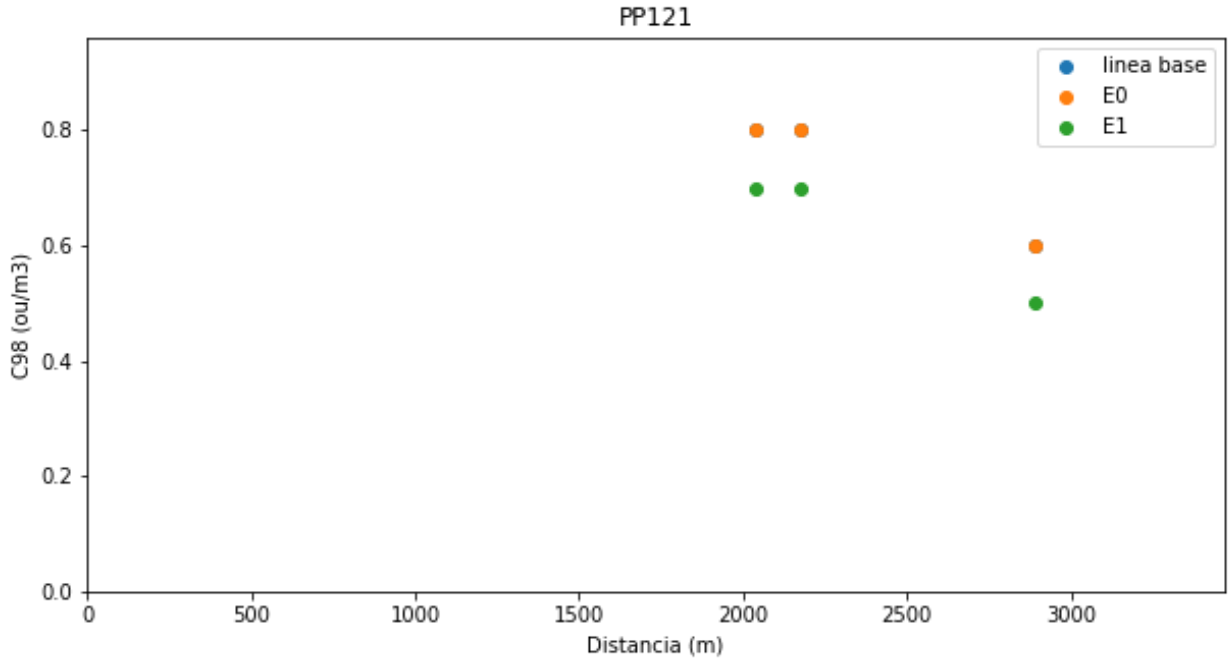


Figura 6-22 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-121

Nota: El escenario cero es igual a la línea base, por lo cual no se diferencian los colores

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-11 Resultados modelación de escenarios en PP-121 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1
			Cubierta pozo	Reducción en laguna
1	2,038	1	1	1
2	2,176	1	1	1
3	2,890	1	1	1

Nota: No hay más receptores dentro de un rango de 3 km

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**

Este plantel se sitúa en una zona poco poblada donde solamente se han podido identificar tres receptores situados a distancias mayores a los 2 km. De este modo, los niveles de concentración apenas resultan en valores perceptibles rondando el valor de 1 ou_E/m^3.

La distribución de las tasas de emisión de olor, expresadas en ou_E/s, para este plantel en particular se corresponde con más de la tercera parte con la etapa de tratamiento del purín. Esto

manifiesta, al igual que en el estudio anterior realizado por Envirometrika (2018) que los planteles de tamaño pequeño deben focalizar sus esfuerzos en la disminución de las emisiones procedentes del sistema de tratamiento. Esto supone una gran diferencia de comportamiento frente a los planteles grandes, donde al tener implementados sistemas de eliminación/estabilización de materia orgánica y concentrar un mayor número de animales las contribuciones de las fuentes de emisión de los pabellones presenta más importancia en el global del plantel.

6.3.2.3 PP-10

- **Caracterización del plantel:**

El Plantel N°10 se sitúa en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y está conformado por dos sectores, donde cada uno de ellos presenta pabellones de recría y de engorda, con un tamaño de producción mediano en función de su número total de animales (Figura 6-23).

Figura 6-23 Ubicación del plantel PP-10 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El sistema de manejo de purín se corresponde con fosas de acumulación pit en el interior de los pabellones, separación física y acumulación de la fracción líquida en cada una de las lagunas de acumulación dispuestas en cada uno de los sectores. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **medio** debido a que no se pudo identificar el pozo purinero o algún sistema de separación sólido-líquido.

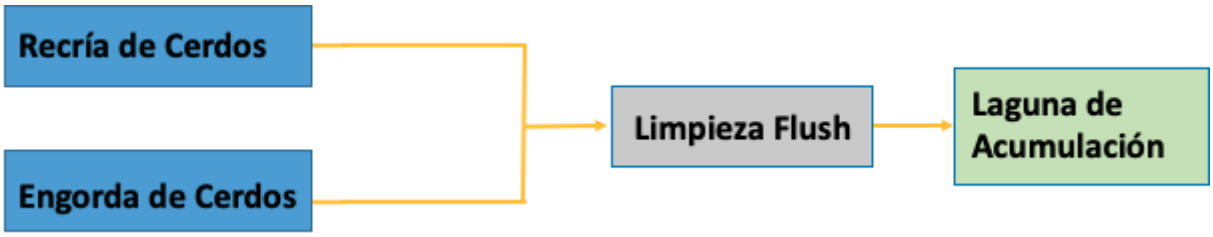


Figura 6-24 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-10

Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel se excluyeron de su análisis las siguientes fuentes de emisión atmosféricas de acuerdo a los siguientes criterios:

  - Pozo homogeneizador y separador físico: no se dispone información fehaciente y verídica sobre su ubicación. Resolución insuficiente de las imágenes satelitales para poder estimarlo.

Tabla 6-12 Identificación de fuentes de emisión de PP-10

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	E	19,620	animales	6.7	ou_E/animal*s	131,397
2	Laguna Acumulación 2	LAG	8,200	m^2	14.7	ou_E/m^2*s	120,701
3	Sector Recría	R	9,638	animales	2.7	ou_E/animal*s	26,141
4	Laguna Acumulación 1	LAG	600	m^2	14.7	ou_E/m^2*s	8,832

Fuente: Elaboración propia

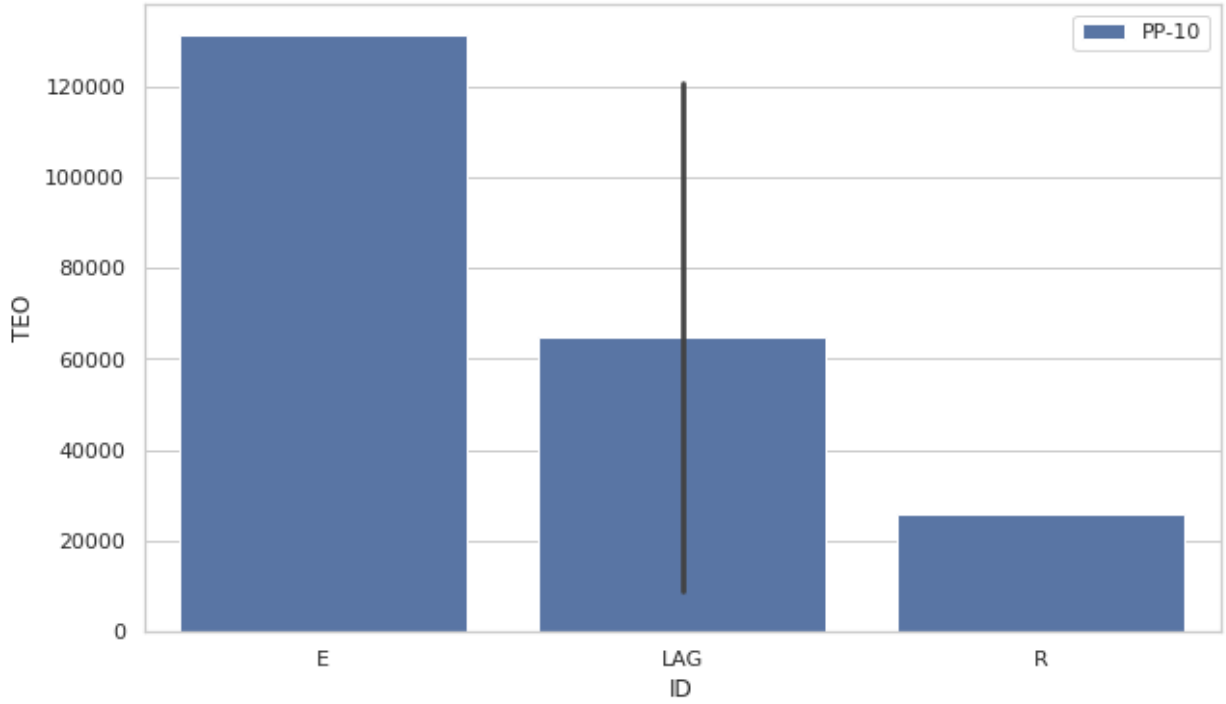


Figura 6-25 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-10
Fuente: Elaboración propia

- **Resultados de modelación:**

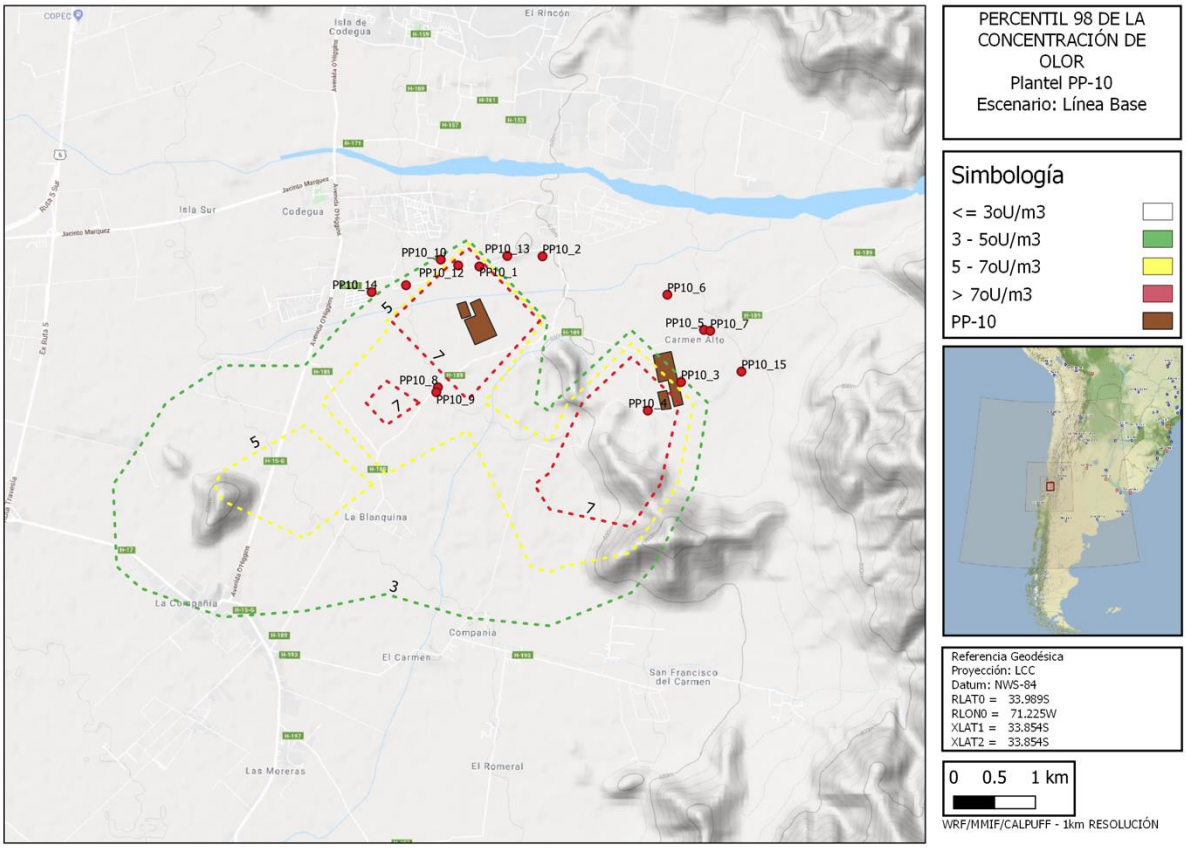


Figura 6-26 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-10

Fuente: Elaboración propia

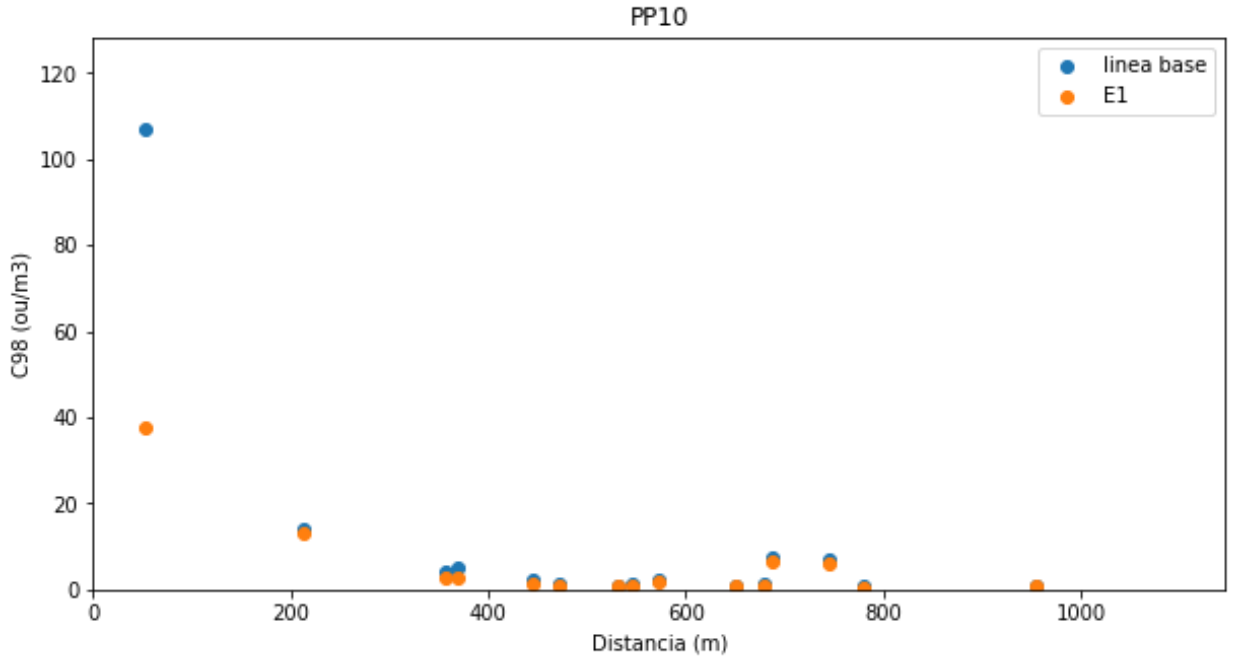


Figura 6-27 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-10

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-13 Resultados modelación de escenarios en PP-10 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia (m)	Línea base	Escenario 0	Escenario 1
			Cubierta pozo	Reducción en laguna
1	357	4	No se logra caracterizar el pozo	3
2	680	1		1
3	213	14		13
4	52	107		38
5	472	1		1
6	650	1		1
7	531	1		1
8	688	7		6
9	746	7		6
10	446	2		1
11	545	1		1
12	370	5		3
13	573	2		2
14	955	1		1
15	781	1		1

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**

Los niveles de emisión obtenidos a partir de la aplicación de la metodología de factores de emisión obtenidos por Envirometrika (Sección 6.2.1.2), indican que la fuente de emisión de mayor aporte va a depender del valor de su parámetro de actividad correspondiente. En este caso, si se comparan los valores de los FE, las lagunas de acumulación presentan prácticamente el doble que los sistemas de producción. Ahora bien, el parámetro de actividad asociado al número de animales en el sector de engorda compensa esta diferencia en los FE, posicionando como la mayor fuente de emisión.

Mediante la aplicación de medidas de reducción de un 70% de las emisiones procedentes de las lagunas de acumulación se pueden observar disminuciones de hasta un 60 % en los niveles de concentración en el receptor más cercano situado a 52 m. Sin embargo, dada su proximidad, todavía presenta valores muy por encima de las 7 ou_E/m^3. Sin embargo, la información se presenta a modo de análisis, ya que para planteles medianos y pequeños, se entenderá cumplido el límite de emisión de olor, con la verificación del cumplimiento de lo establecido en Limites de Reducción de Olor en Fuentes que Indica y Prácticas Operacionales para el Control y Reducción de Emisiones de Olor.

Estas distancias de disminución están íntimamente relacionadas con la resolución espacial utilizada en la modelación de 1 km^2 (Sección 6.2.1.2), limitando la información disponible con mayor resolución en las zonas más próximas a las fuentes de emisión. Esto puede provocar que

se estén sobreestimando los niveles promedios horarios anuales (percentil 98) en distancias menores a 2 km desde la fuente[22].

6.3.2.4 PP-101

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N°101 se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago y está conformado por 1 sector, que posee pabellones de engorda y una laguna de acumulación. El plantel tiene un tamaño de producción mediano, en función de su número total de animales (Figura 6-28).

Figura 6-28 Ubicación del plantel PP-101 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El plantel cuenta con un sistema de producción de engorda de animales y posterior acumulación del purín en lagunas. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **alto** debido a que no se pudo identificar el pozo purinero o algún sistema de separación sólido-líquido y la ubicación exacta de los pabellones.

[22] Oleniacz and Rzeszutek. Intercomparison of the CALMET/CALPUFF Modeling System for Selected Horizontal Grid Resolutions at a Local Scale: A Case Study of the MSWI Plant in Krakow, Poland. Appl. Sci. 2018, 8, 2301; doi:10.3390/app8112301

Figura 6-29 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-101
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel se consideraron fuentes de emisión proveniente de la producción y de la planta de tratamiento.

Tabla 6-14 Identificación de fuentes de emisión de PP-101

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	E	8,000	animales	14.1	ou_E/animal*s	113,128
2	Laguna Acumulación	LAG	1,270	m^2	14.7	ou_E/m^2*s	18,694

Fuente: Elaboración propia

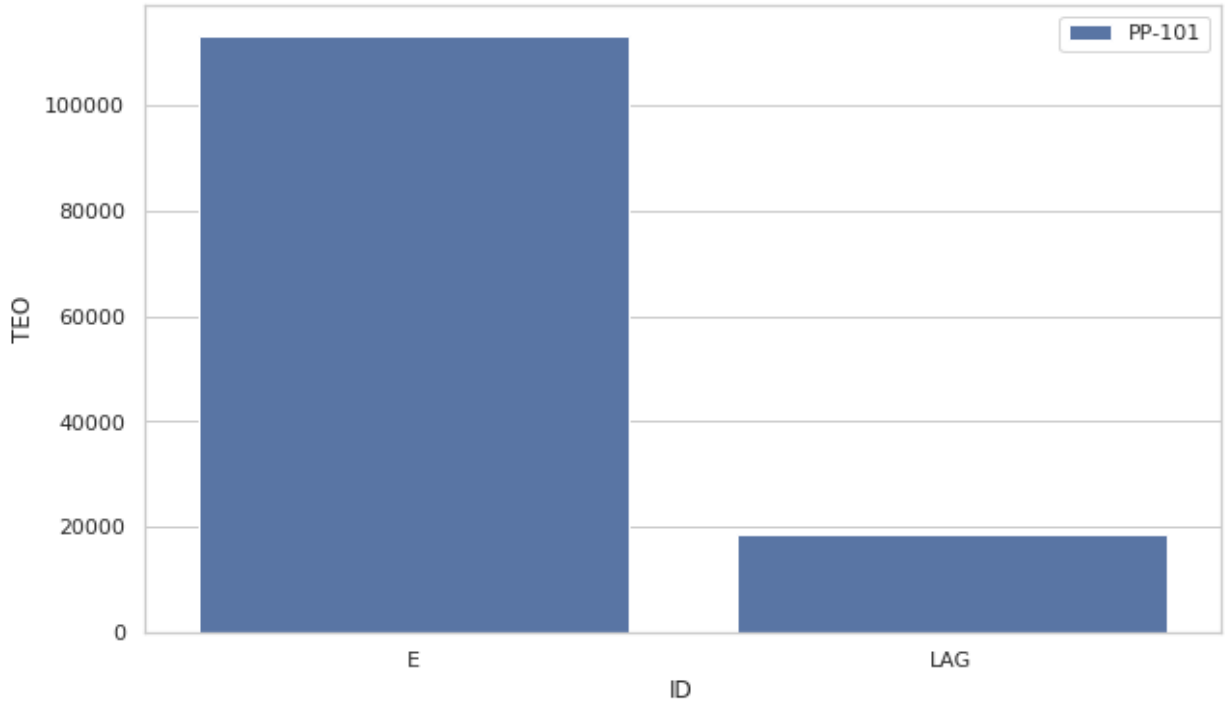


Figura 6-30 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-101
Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 86% para los pabellones y un 14% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

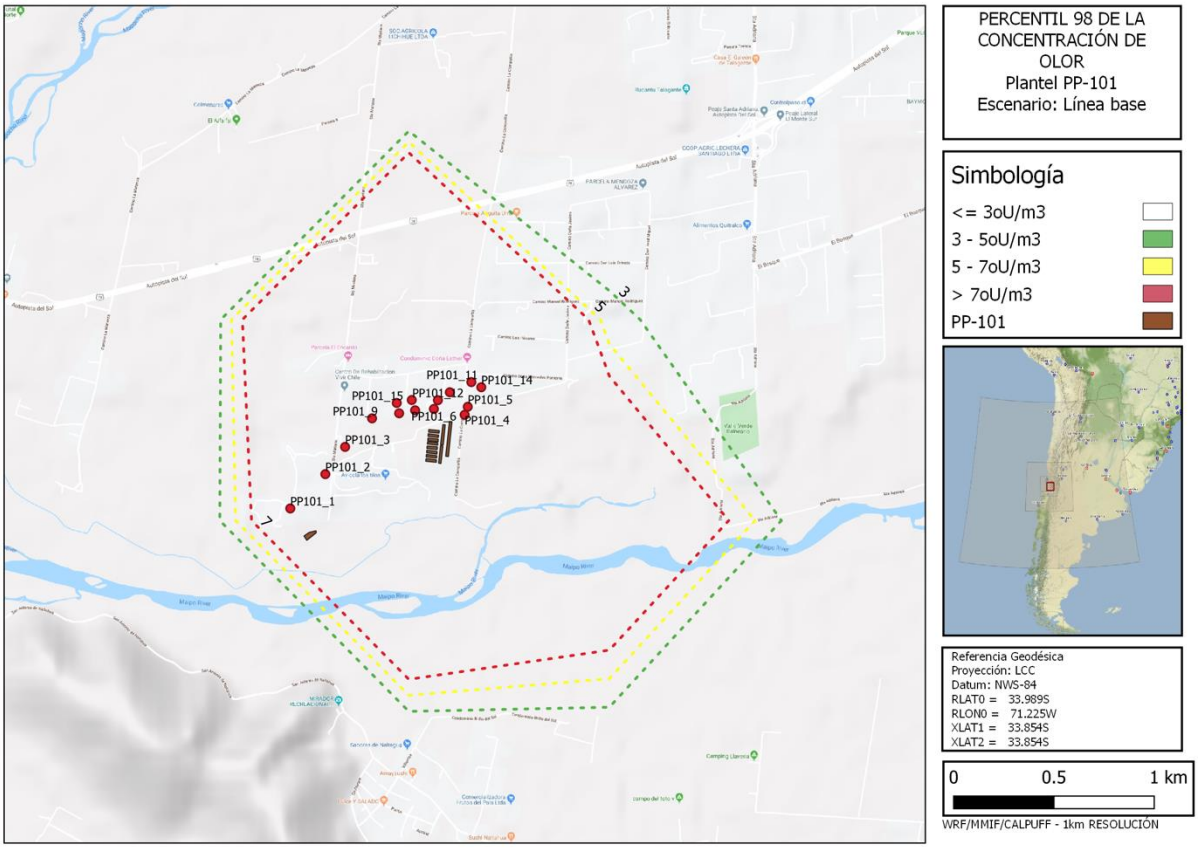


Figura 6-31 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-101

Fuente: Elaboración propia

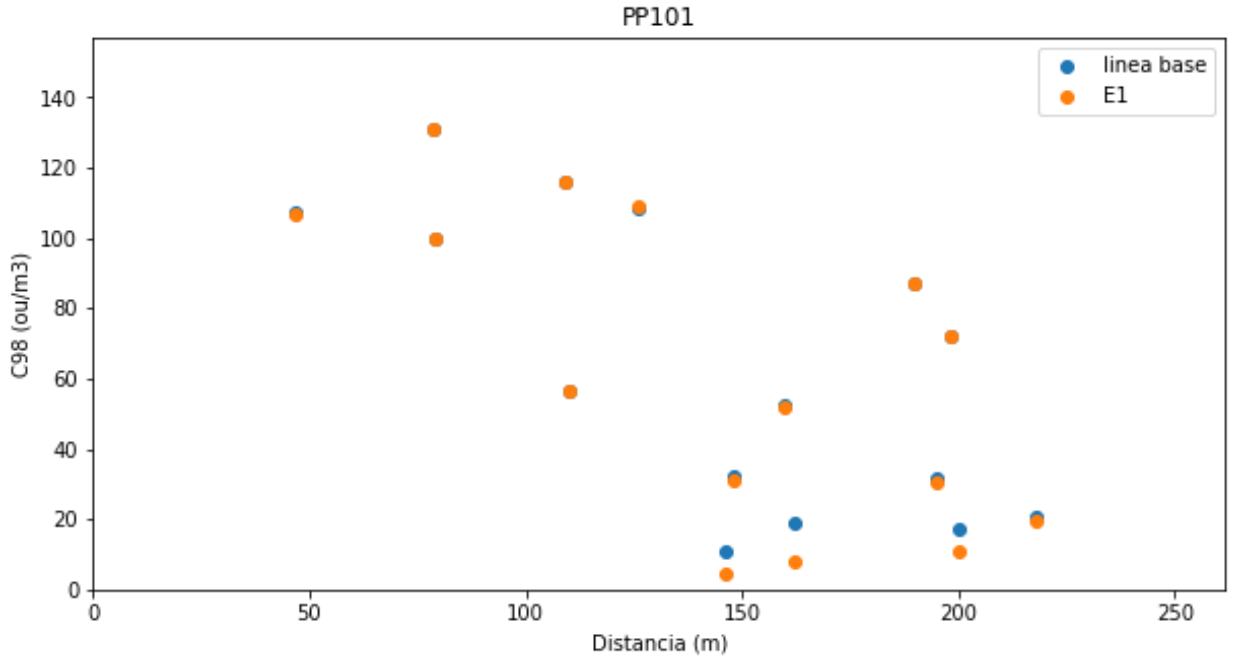


Figura 6-32 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-101

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-15 Resultados modelación de escenarios en PP-101 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1
			Cubierta pozo	Reducción en laguna
1	146	11	No se logra caracterizar el pozo	5
2	162	19		5
3	200	17		11
4	46.8	107		107
5	79	100		100
6	78.8	131		131
7	110	57		56
8	148	32		31
9	218	21		19
10	126	107		109
11	190	87		87
12	109	116		116
13	160	52		52
14	198	72		72
15	195	31		31

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel:**

Al igual que el plantel PP-49, la presente instalación presenta a los receptores en distancias menores a los 300 metros. Al aplicar una medida de reducción de las emisiones procedentes de la laguna, igual que el plantel PP-14, no se consiguen disminuir los niveles. Sin embargo, la información se presenta a modo de análisis, con un nivel de incertidumbre alto, y considerando que para planteles medianos y pequeños, se entenderá cumplido el límite de emisión de olor, con la verificación del cumplimiento de lo establecido en Limites de Reducción de Olor en Fuentes que Indica y Prácticas Operacionales para el Control y Reducción de Emisiones de Olor.

Esta cercanía a la instalación y dado en nivel de resolución utilizado bajo los estándares de la "Guía del SEA para estudio de calidad de aire" de 1x1 km es muy difícil asegurar con plena certeza esos valores al encontrarse dentro de una celda cuyas condiciones meteorológicas (temperatura, altura de capa de mezcla, velocidad y dirección del viento) presentan isotropía espacial.

6.3.2.5 PP-59

- Caracterización del plantel:

El Plantel N°59 se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago y está conformado de un sector, que posee pabellones de maternidad, recría y engorda, al igual que sus centros de tratamiento. El tamaño de producción es mediano, en función de su número total de animales (Figura 6-33).

Figura 6-33 Ubicación del plantel PP-59 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El sistema de manejo de purín se trata con separación sólido-líquido (filtro de prensa), decantador, laguna de acumulación y estanque ecualizador (pozo de homogenización). El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** como consecuencia que se pudieron identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus parámetros de actividad (NA) correspondientes.

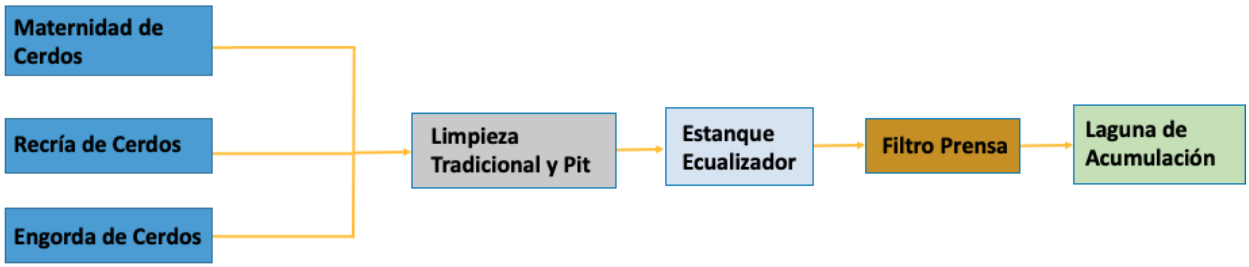


Figura 6-34 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-59
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel se incluyeron todas las fuentes de emisión atmosférica identificadas.

Tabla 6-16 Identificación de fuentes de emisión del plantel PP-59

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Laguna Acumulación	LAG	3,500	m^2	14.7	ou_E/m^2*s	51,519
2	Pretratamiento (separación sólido-líquido)	PT	27	m^2	1,718	ou_E/m^2*s	46,387
3	Sector Engorda 2	E	6,370	animales	7	ou_E/animal*s	42,659
4	Sector Maternidad	M	2,618	animales	14	ou_E/animal*s	37,021
5	Sector Engorda 1	E	3,981	animales	7	ou_E/animal*s	26,662
6	Sector Recría	R	6,946	animales	3	ou_E/animal*s	18,840
7	Estanque Ecualizador	PH	165	m^2	83	ou_E/m^2*s	13,754
8	Decantador	DEC	37	m^2	83	ou_E/m^2*s	3,084

Estaque ecualizador es considerado como un pozo de homogenización
Fuente: Elaboración propia

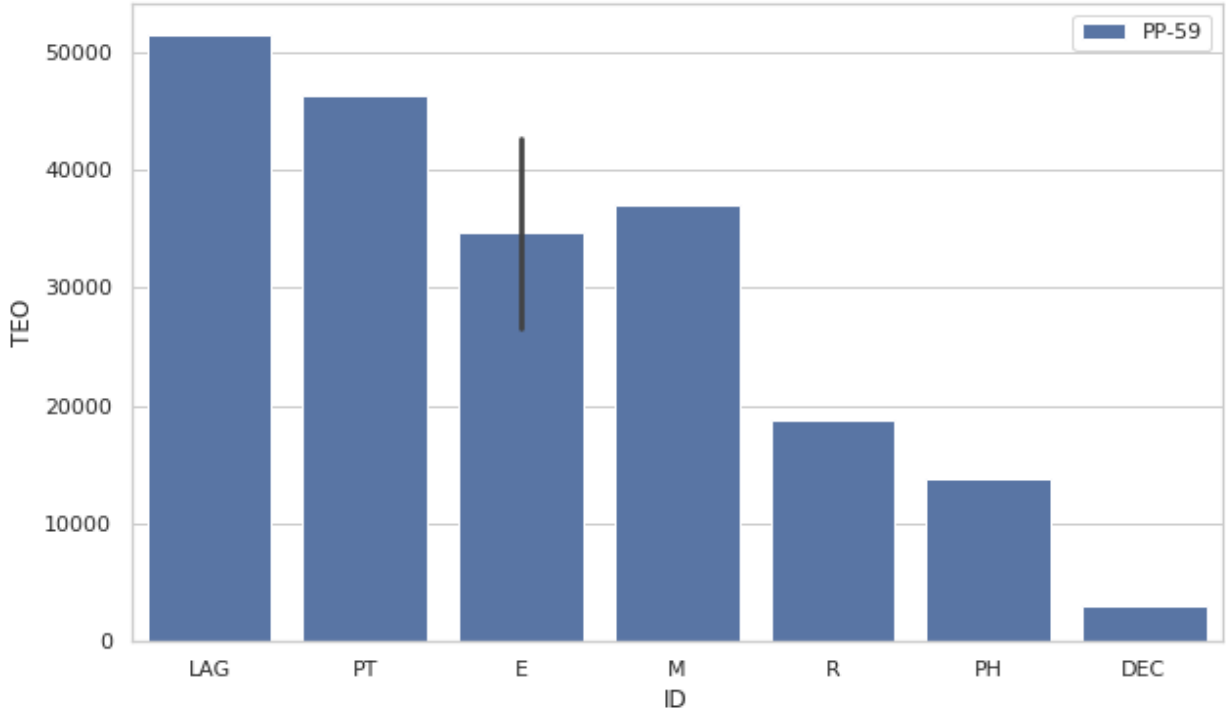


Figura 6-35 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-59
Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 52% para los pabellones y un 48% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

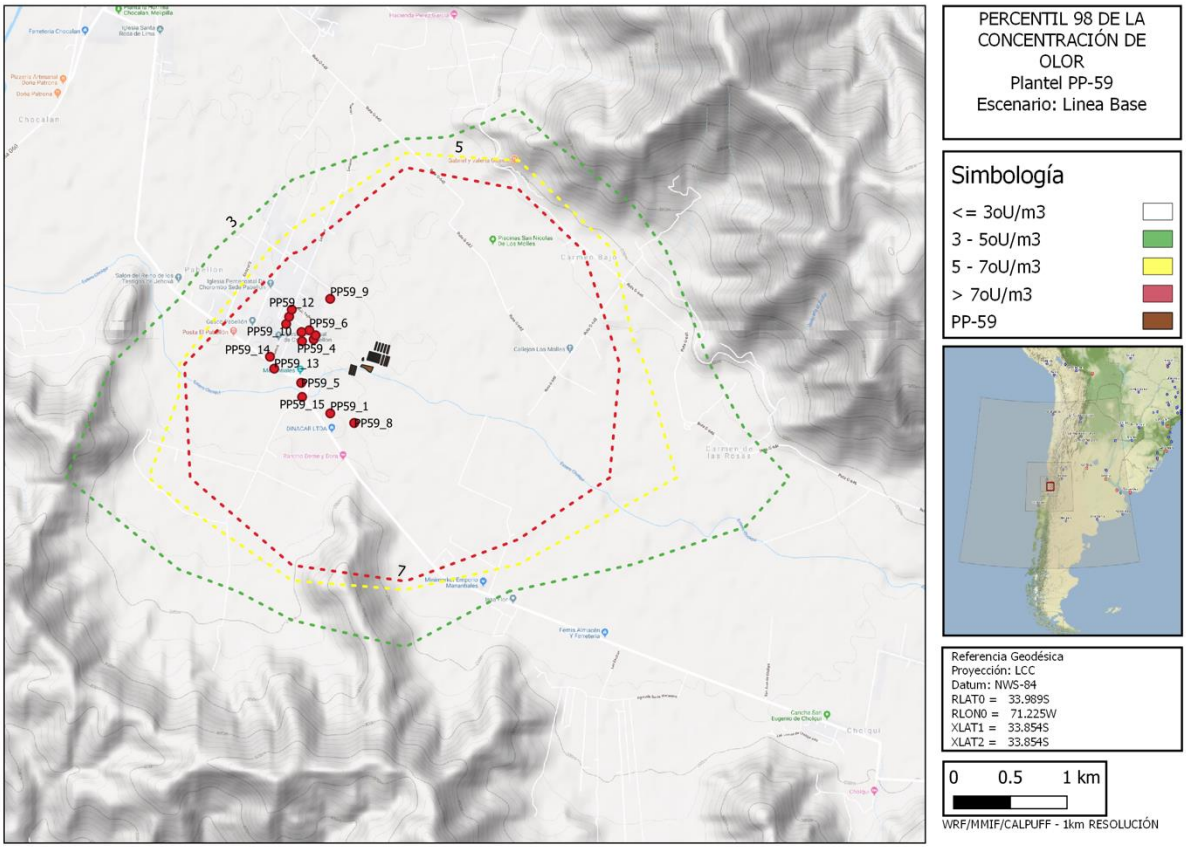


Figura 6-36 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-59

Fuente: Elaboración propia

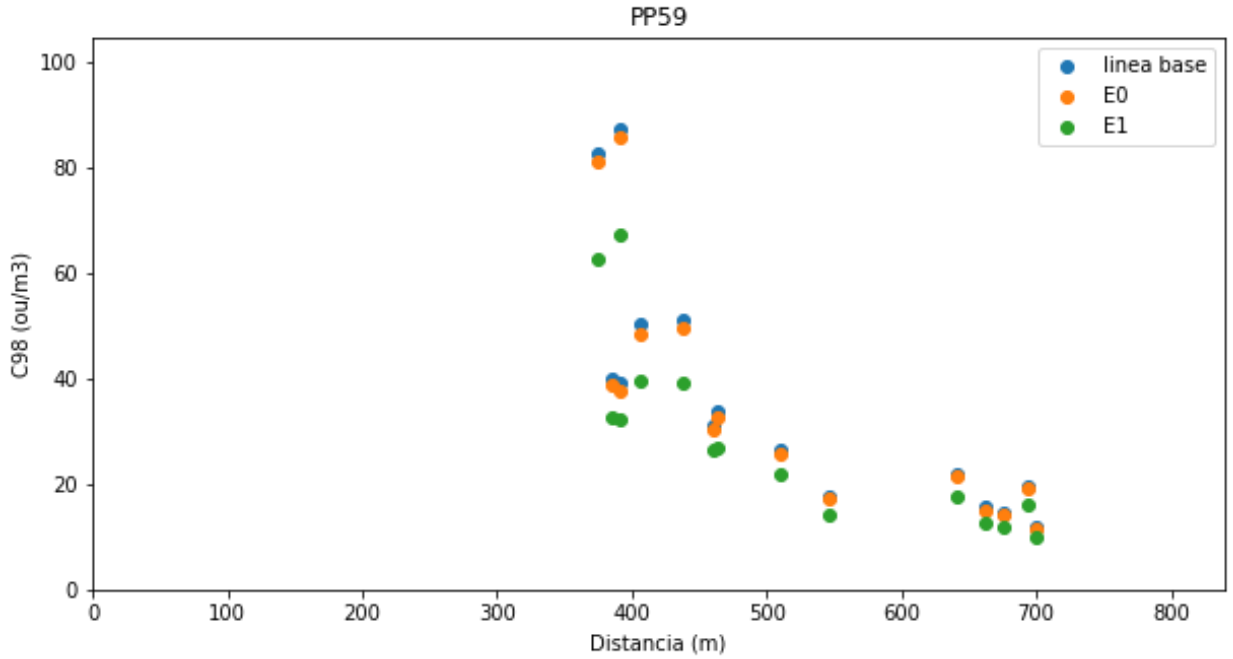


Figura 6-37 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-59

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen de escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-17 Resultados modelación de escenarios en PP-59 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1
			Cubierta pozo	Reducción en laguna
1	375	83	81	63
2	385	40	39	33
3	391	39	38	32
4	464	34	33	27
5	406	50	49	39
6	461	31	30	26
7	510	27	26	22
8	391	87	86	67
9	546	18	17	14
10	662	16	15	13
11	676	15	14	12
12	700	12	12	10
13	641	22	21	18
14	694	20	19	16
15	438	51	49	39

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel:**

El presente plantel de tamaño mediano presenta una contribución equitativa en las tasas de emisión asociadas al tratamiento y a los pabellones. Al aplicar medidas de reducción sobre el pozo de homogenización o estanque ecualizador no logran disminuir los niveles de concentración sobre los receptores ya que la contribución de esta fuente sobre el total del plantel tiene poco peso. Por otro lado, con una reducción de las emisiones procedentes de la laguna se obtienen asimismo disminuciones bajas en las concentraciones en los receptores analizados. El nivel de cercanía de los receptores, la mayoría inferior a los 500 metros, provoca que se tengan que disminuir conjuntamente las emisiones procedentes de las fuentes de emisión más importantes, es decir, separación sólido-líquido, laguna de acumulación y pabellones de engorda y maternidad. Al igual que en resultados previos obtenidos en otros planteles con receptores tan cercanos, el nivel de resolución propuesto de 1x1 km resulta insuficiente para concluir con precisión estos resultados.

Cabe indicar que la información se presenta a modo de análisis, considerando que para planteles medianos y pequeños, se entenderá cumplido el límite de emisión de olor, con la verificación del cumplimiento de lo establecido en Limites de Reducción de Olor en Fuentes que Indica y Prácticas Operacionales para el Control y Reducción de Emisiones de Olor.

6.3.2.6 PP-113

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N°113 se sitúa en la Región del Ñuble y está conformado por 3 sectores, donde se puede diferenciar pabellones de engorda y recría, y la planta de tratamiento, conformada por sistema de separación sólido-líquido, estanque ecualizador (pozo de homogenización), reactor anaerobio, laguna anaerobia y laguna de acumulación. En función al tamaño de producción, se clasifica al plantel como grande, en función de su número total de animales (Figura 6-38).

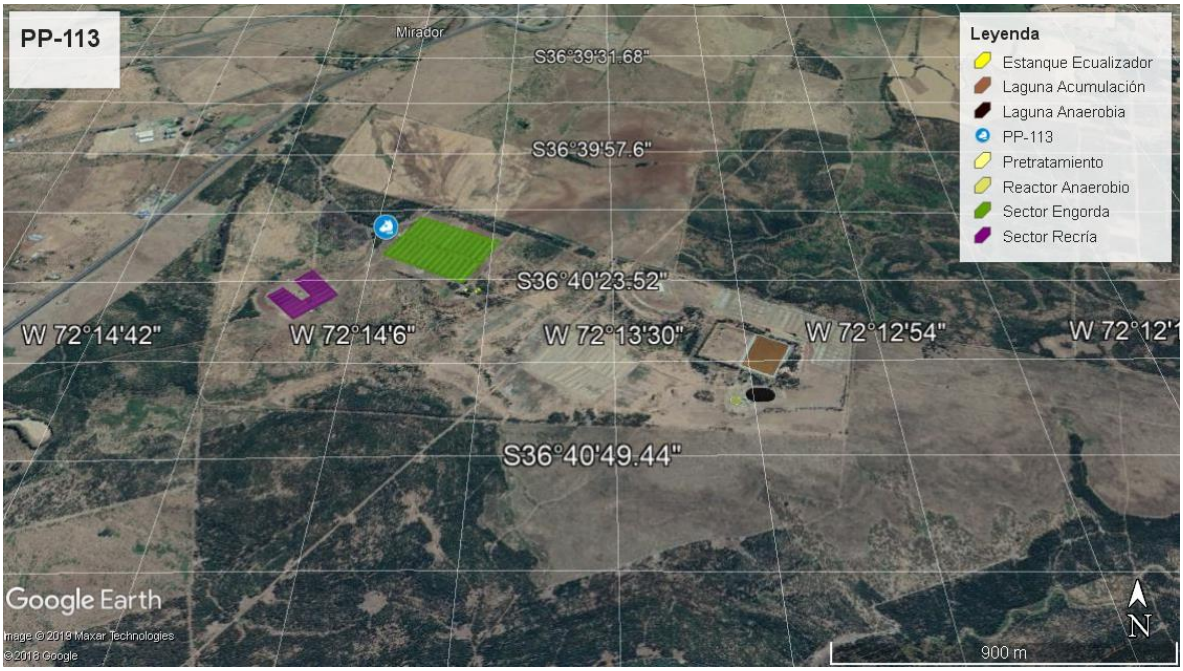


Figura 6-38 Ubicación del plantel PP-113 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El plantel cuenta con producción porcina de recría y engorda, así como un sistema de tratamiento de purines con digestión anaerobia y posterior acumulación en lagunas. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** debido a que se pudo identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus niveles de actividad asociados.

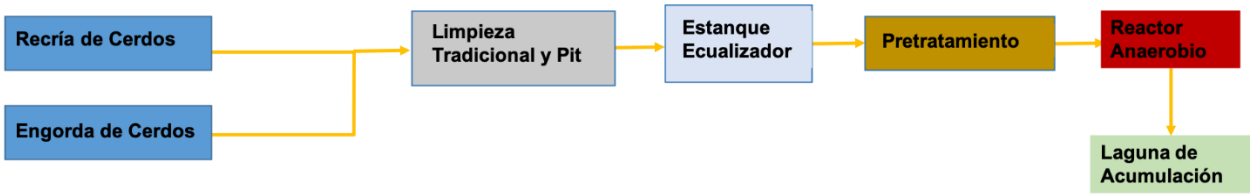


Figura 6-39 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-113
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel, se excluyó de su análisis a las fuentes de emisión provenientes de la laguna anaerobio, de acuerdo al siguiente criterio:

- No se dispone de información fehaciente y verídica sobre el dimensionamiento y la resolución de las imágenes satelitales es insuficiente para poder estimarlo.

Tabla 6-18 Identificación de fuentes de emisión del plantel PP-113

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	E	31,997	animales	6.7	ou_E/animal*s	214,286
2	Pretratamiento (separación sólido-líquido)	PT	100	m^2	1,718	ou_E/m^2*s	171,805
3	Laguna Acumulación[a]	LAG	15,280	m^2	3.1	ou_E/m^2*s	46,604
4	Sector Recría	R	15,511	animales	2.7	ou_E/animal*s	42,071
5	Estanque Ecualizador 2[b]	EQ	70	m^2	83.4	ou_E/m^2*s	5,835
6	Estanque Ecualizador 1[b]	EQ	47	m^2	83.4	ou_E/m^2*s	3,918

[a] El plantel cuenta con tratamiento secundario, por lo cual se utiliza el FE de lagunas de purín tratado

[a]Estaque ecualizador es considerado como un pozo de homogenización

Fuente: Elaboración propia

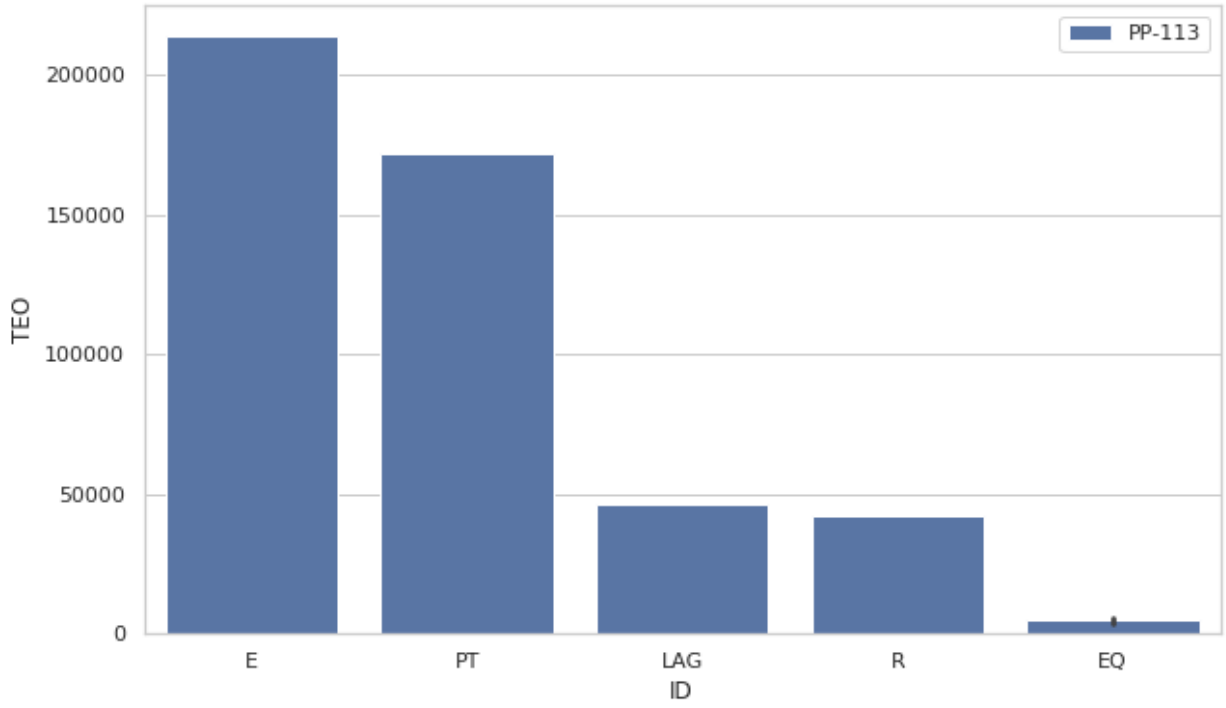


Figura 6-40 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-113

Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 53% para los pabellones y un 47% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

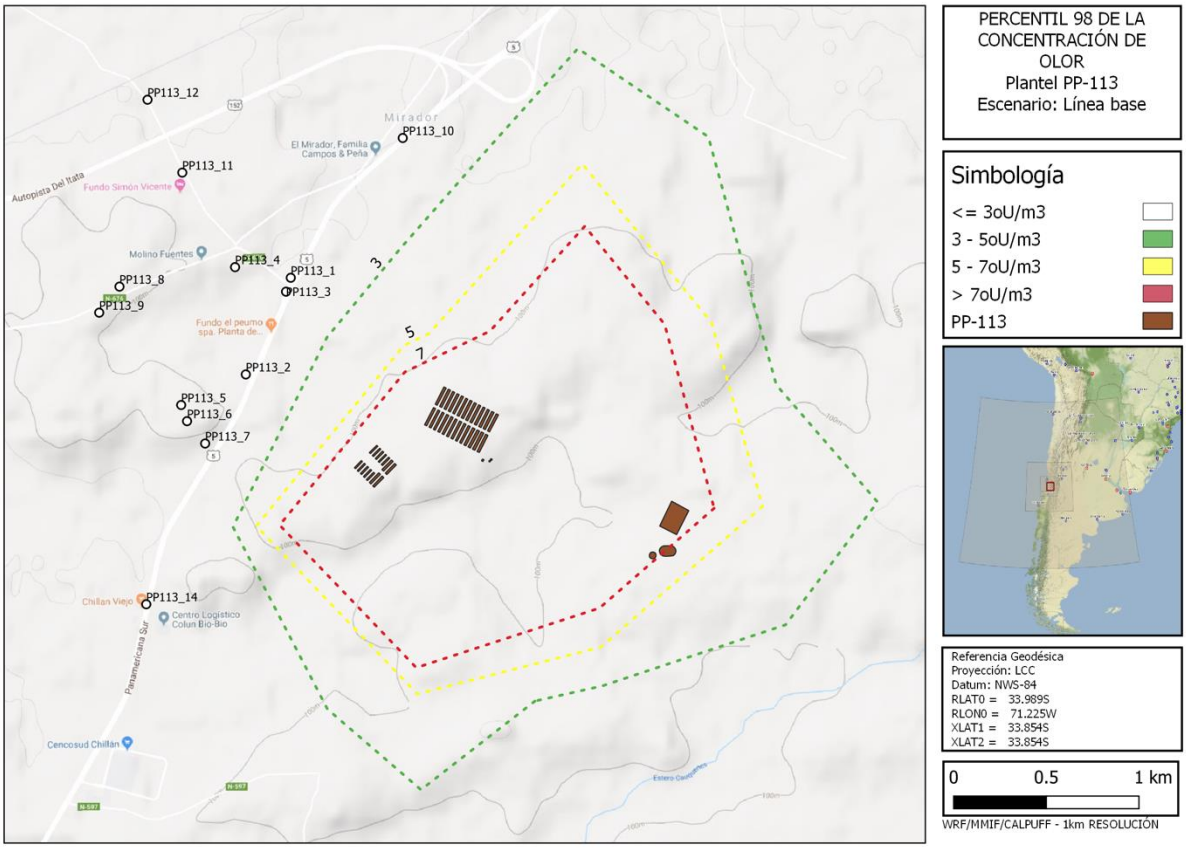


Figura 6-41 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-113

Fuente: Elaboración propia

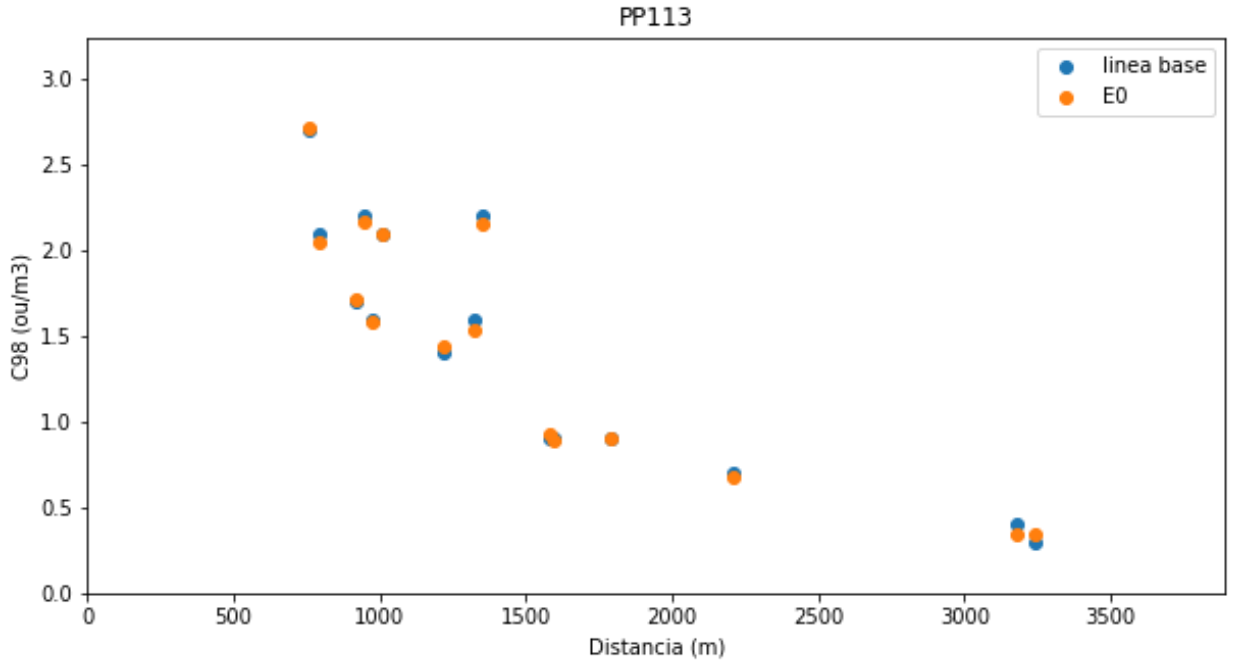


Figura 6-42 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-113

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores:**

Tabla 6-19 Resultados modelación de escenarios en PP-113 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	841	2	2	Laguna de purín tratado	Todos los receptores cumplen	
2	38	3	3			
3	1,011	2	2			
4	766	1	1			
5	951	2	2			
6	1,206	2	2			
7	1,119	2	2			
8	1,083	1	1			
9	986	1	1			
10	1,649	2	2			
11	1,684	1	1			
12	1,589	1	1			
13	1,792	0	0			
14	2,225	2	2			
15	3,356	0	0			

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel:**

Las mayores emisiones se concentran en la etapa de producción de cerdos de engorda como consecuencia del sistema de ventilación utilizado y que cuentan con un sistema de tratamiento de purines con eliminación de materia orgánica que reduce las emisiones de olor durante la etapa de acumulación. En la línea base los niveles de concentración de todos los receptores se sitúan por debajo de las 5 ou_E/m3, principalmente como consecuencia del distanciamiento a las fuentes y el tamaño del plantel que define valores de los niveles de actividad de las fuentes de emisión mucho menores que planteles de tamaño mayores.

6.3.2.7 PP-114

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N° 114 se sitúa en la Región del Maule y está conformado por 1 sector, en el cual se encuentra el sector de engorda, y el sistema de tratamiento (reactor anaerobio, filtro parabólico y laguna de acumulación). En función al tamaño de producción, es un plantel grande, en función de su número total de animales (Figura 6-43).

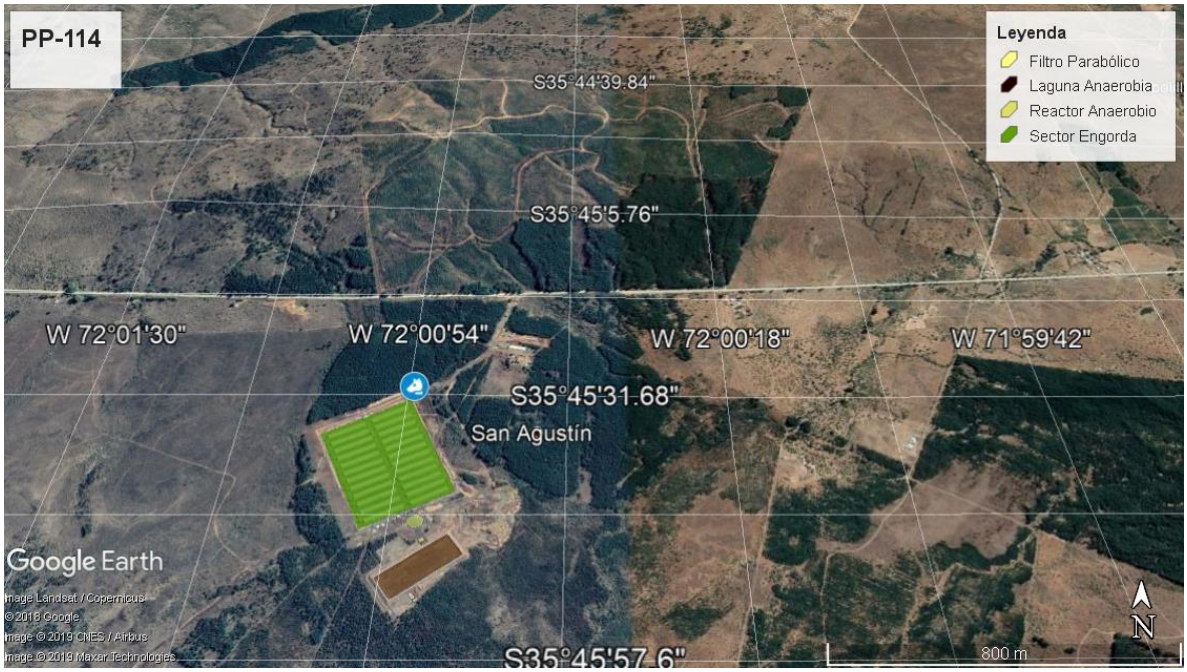


Figura 6-43 Ubicación del plantel PP-114 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El plantel cuenta con producción porcina de recría y engorda, así como un sistema de tratamiento de purines con digestión anaerobia y posterior acumulación en lagunas. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** debido a que se pudo identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus niveles de actividad asociados.

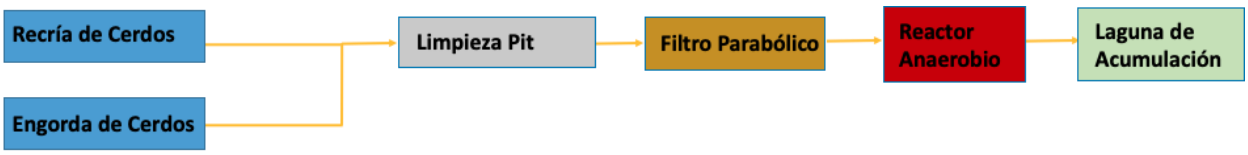


Figura 6-44 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-114
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor**

Para el presente plantel, se incluyeron todas las fuentes que fueron identificadas. Cabe notar que, para efectos de la visualización geoespacial, no se pudo diferenciar entre el pabellón de engorda y de recría.

Tabla 6-20 Identificación de fuentes de emisión de PP-114

Ranking	Identificación	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	20,851	animales	6.7	ou_E/animal*s	139,641
2	Pretratamiento (separación sólido-líquido)	57	m^2	1,718	ou_E/m^2*s	97,929
3	Laguna Acumulación	15,740	m^2	23.1	ou_E/m^2*s	48,007
4	Sector Recría	13,950	animales	2.7	ou_E/animal*s	37,837

Fuente: Elaboración propia

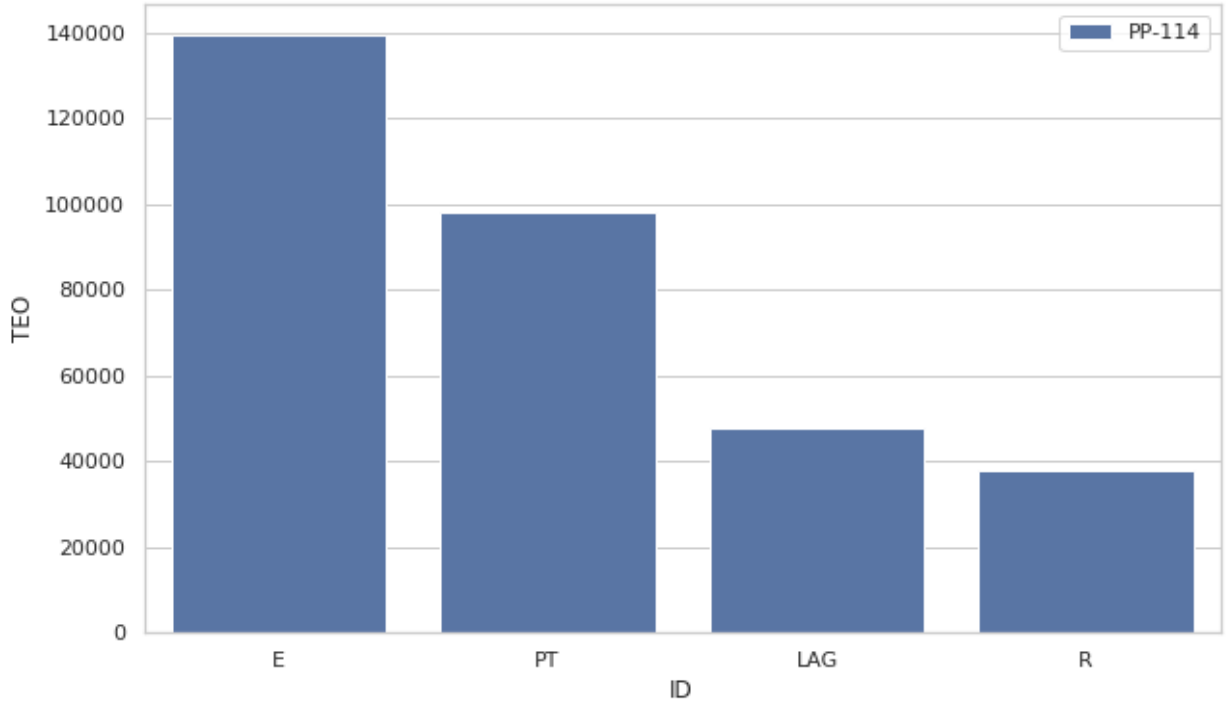


Figura 6-45 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-114

Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 55% para los pabellones y un 45% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

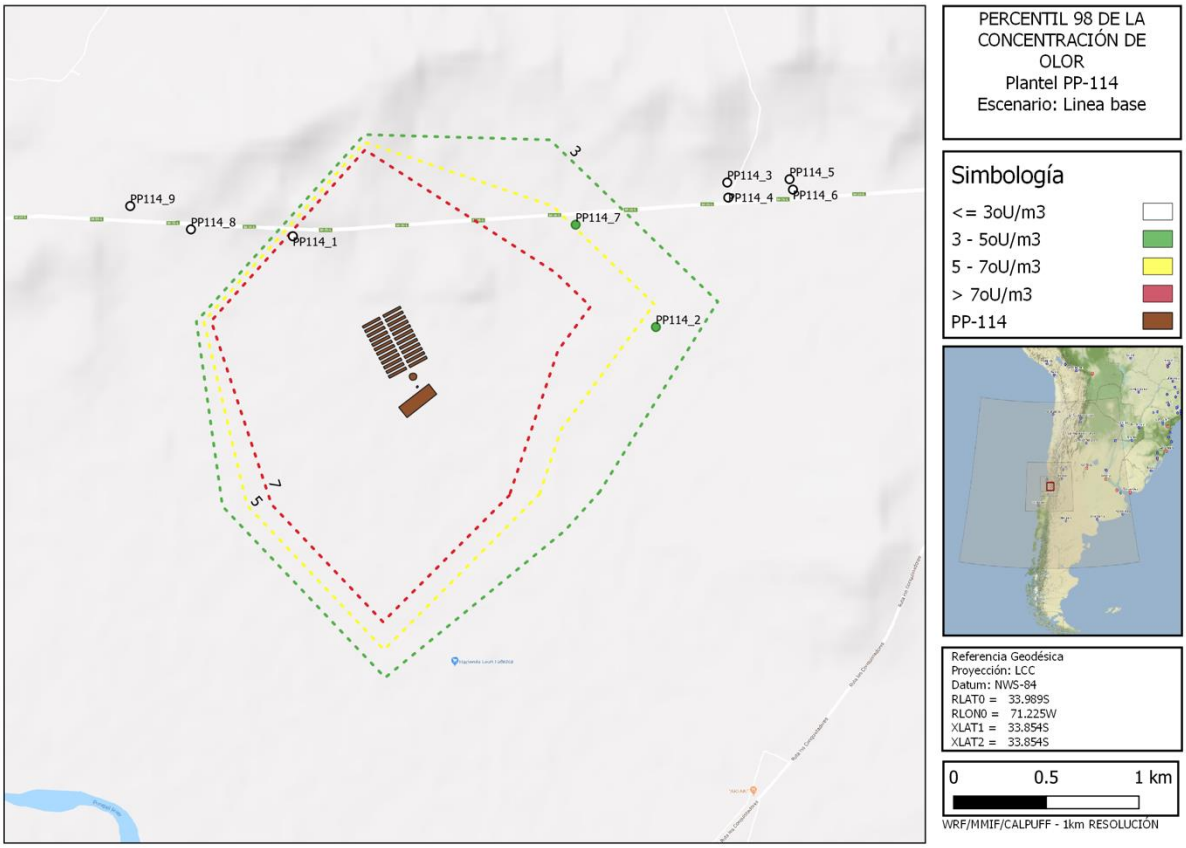


Figura 6-46 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-114

Fuente: Elaboración propia

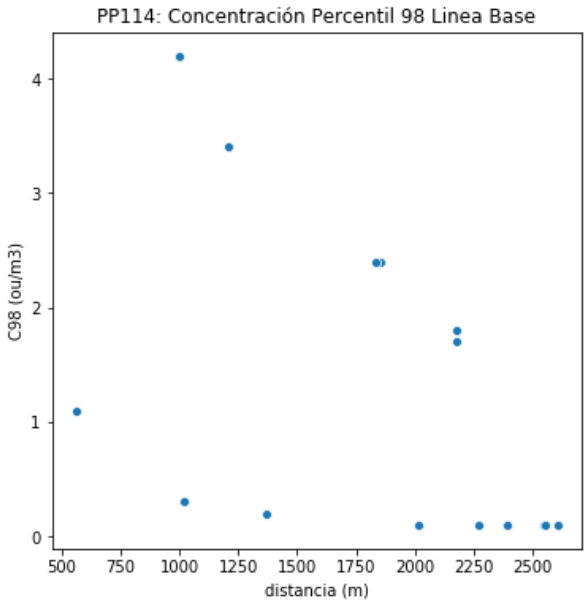


Figura 6-47 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-114

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-21 Resultados modelación de escenarios en PP-114 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	562	1	No se logra caracterizar el pozo	Laguna de purín tratado	Cumple en todos los receptores	
2	1,294	3				
3	1,848	2				
4	1,826	2				
5	2,162	2				
6	2,163	2				
7	1,018	4				
8	375	0				
9	1,020	0				
10	1,367	0				
11	2,022	0				
12	2,284	0				
13	2,384	0				
14	2,556	0				
15	2,595	0				

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**

Los niveles de emisión asociados a este platel concuerdan con otros de su tamaño, es decir, se concentran mayoritariamente en las etapas de producción animal, dejando con menor peso en el total el sistema de tratamiento. Esto, al igual que en otros planteles donde tienen implementados sistemas de eliminación y estabilización de materia orgánica, resulta en medidas efectivas para reducir los niveles de concentración en receptores cuando se encuentran a distancias por regla general superiores a los 500 metros de distancia. En este caso particular, ningún receptor está expuesto a niveles de concentración superiores a 5 ou_E/m^3.

6.3.2.8 PP-14

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N°14 se sitúa en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y está conformado por siete sectores, cada uno de ellos presenta pabellones de engorda, con un tamaño de producción grande, en función del número total de animales (Figura 6-48).

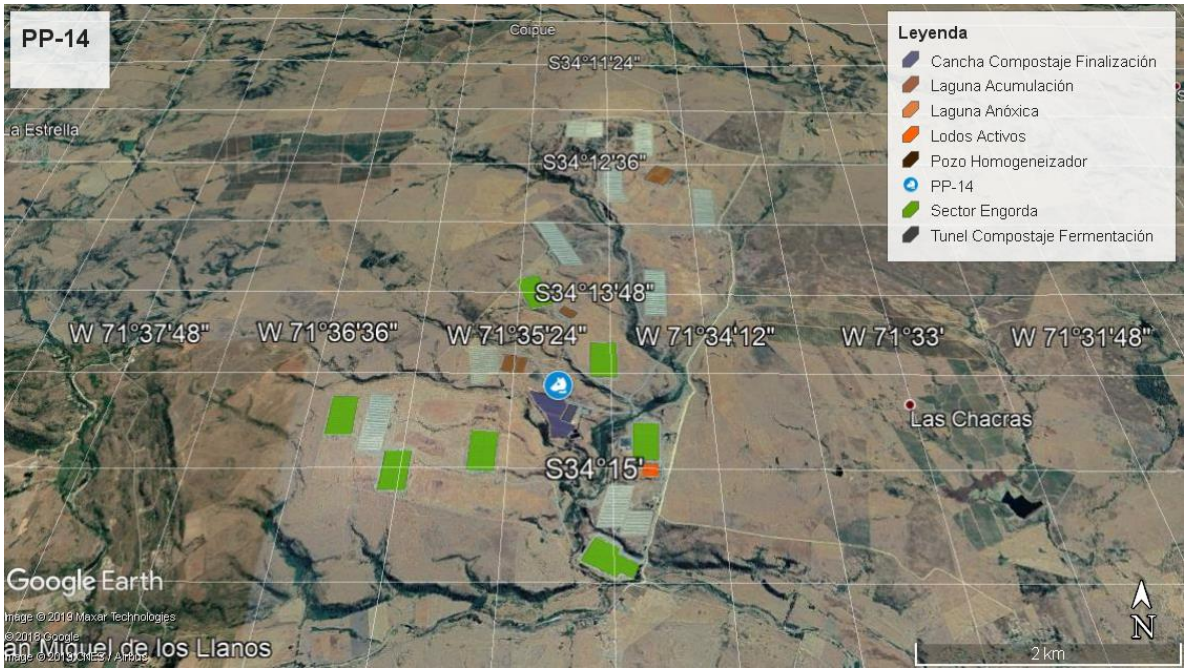


Figura 6-48 Ubicación del plantel PP-14 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El sistema de manejo de purín está conformado por pozo de homogeneización, tratamiento de lodos activos, laguna anóxica y laguna de acumulación. Alternativamente, poseen túneles de compostaje para fermentación y cancha de compostaje (para finalizar el proceso). El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** como consecuencia que se pudieron identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus parámetros de actividad (NA) correspondientes.

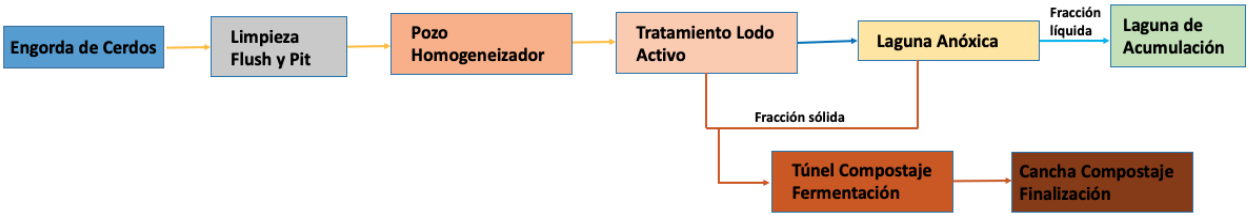


Figura 6-49 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-14
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el análisis de las fuentes de emisión, se consideraron todas las fuentes identificadas mediante geolocalización, esta se presentan en la Tabla 6-22. Los FE utilizados se corresponden con los valores proporcionados por el titular de mediciones realizadas de manera independiente

Tabla 6-22 Identificación de fuentes de emisión de PP-14

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Cancha Compostaje Finalización	C	82,300	m^2	4.2	ou_E/m^2*s	346,147
2	Sector Engorda 7	E	61,947	animales	3.8	ou_E/animal*s	235,398
3	Sector Engorda 1	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
3	Sector Engorda 2	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
3	Sector Engorda 3	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
3	Sector Engorda 4	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
3	Sector Engorda 5	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
3	Sector Engorda 6	E	58,075	animales	3.8	ou_E/animal*s	220,685
4	Laguna Acumulación 4[a]	LAG	38,800	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	155,200
5	Laguna Acumulación 5[a]	LAG	31,700	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	126,800
6	Laguna Acumulación 2[a]	LAG	20,100	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	80,400
7	Laguna Acumulación 3[a]	LAG	16,300	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	65,200
8	Laguna Acumulación 1[a]	LAG	13,800	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	55,200
9	Túnel Compostaje Fermentación	E	14,176	m^2	3.5	ou_E/m^2*s	49,607
10	Laguna Anóxica	LA	3,200	m^2	5.5	ou_E/m^2*s	17,583
11	Pozo Homogeneizador	PH	492	m^2	13.7	ou_E/m^2*s	6,737
12	Lodos Activos 2	LA	7,100	m^2	0.23	ou_E/m^2*s	1,688
13	Lodos Activos 1	LA	6,600	m^2	0.23	ou_E/m^2*s	1,569

[a]El plantel cuenta con tratamiento secundario, por lo cual se utiliza el FE de lagunas de purín tratado

Fuente: Elaboración propia

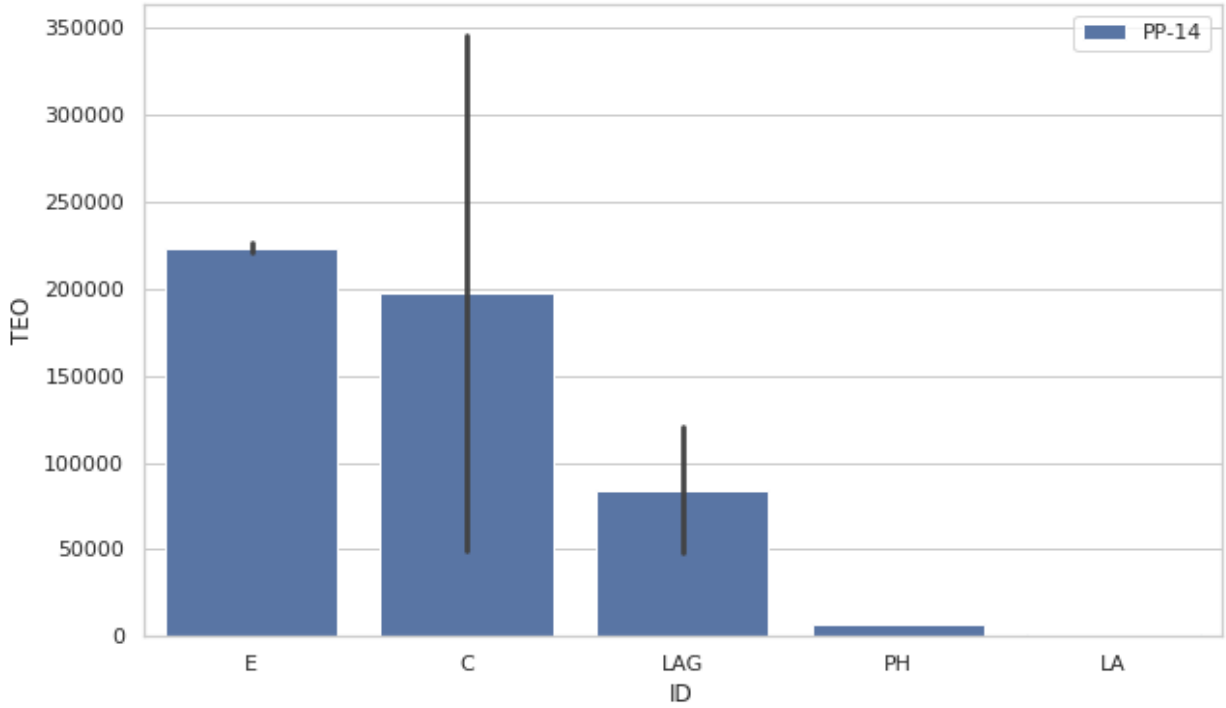


Figura 6-50 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-14
Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 63% para los pabellones y un 37% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

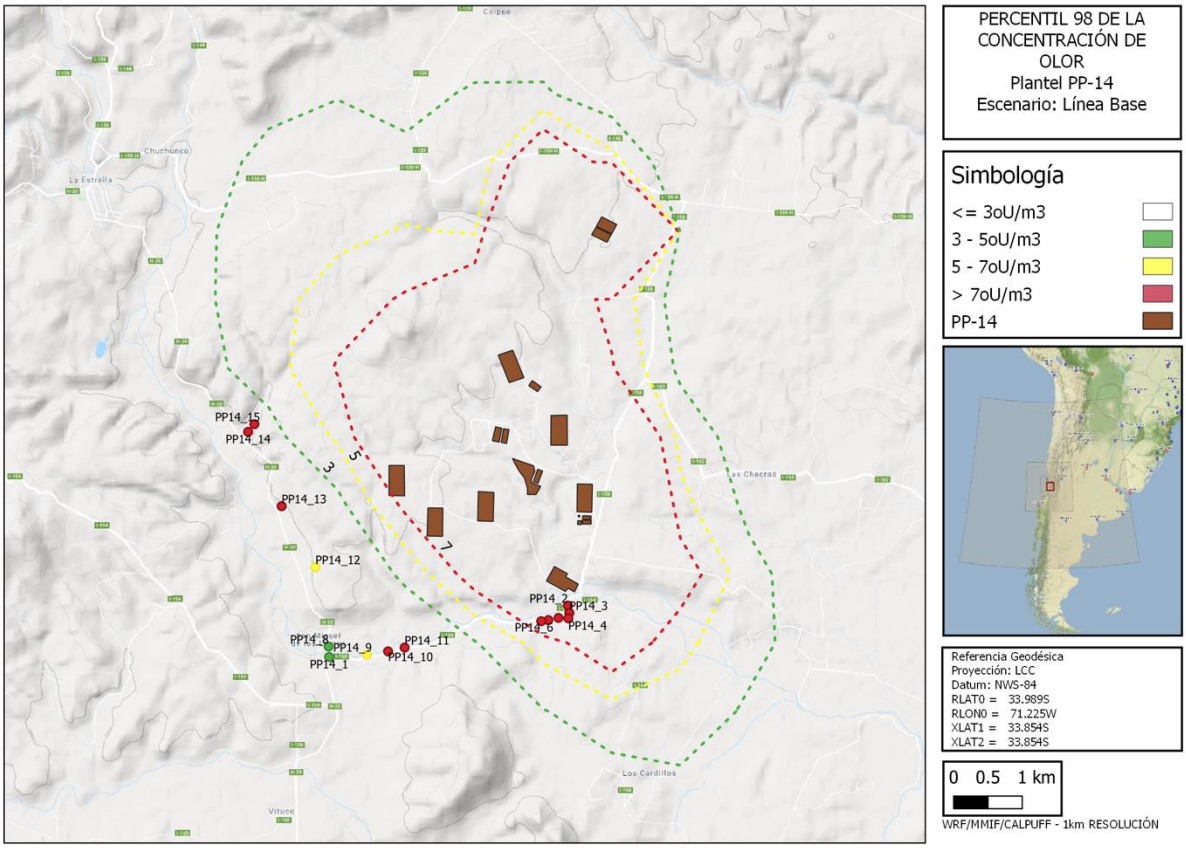


Figura 6-51 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-14

Fuente: Elaboración propia

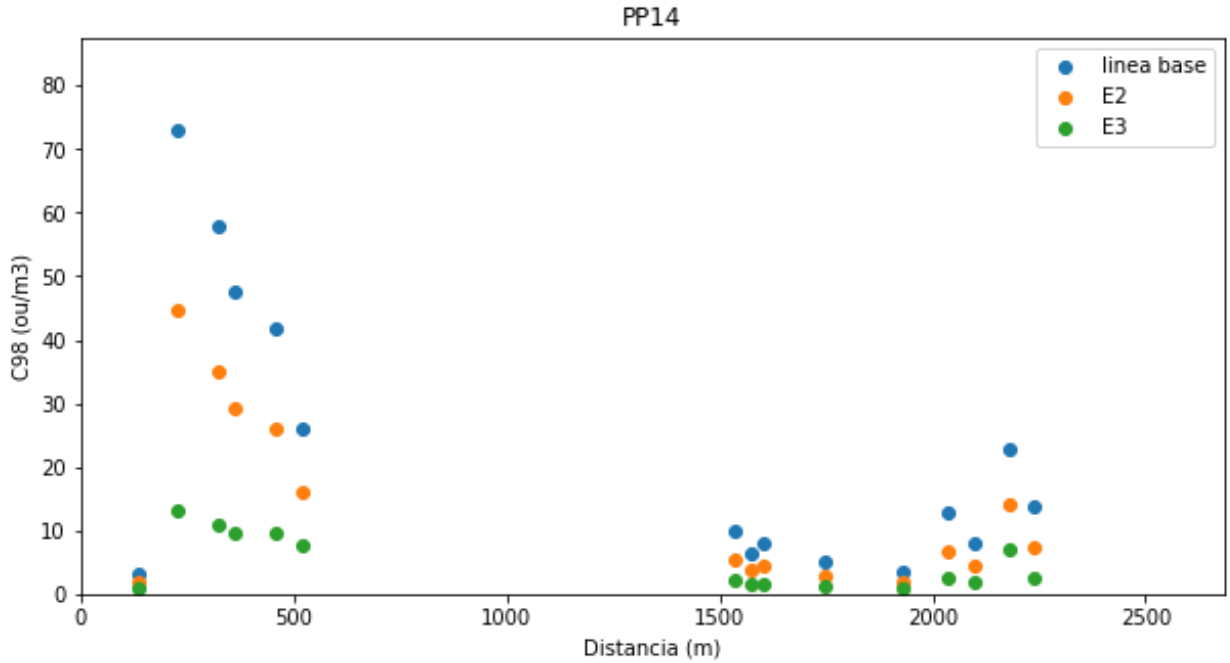


Figura 6-52 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-14

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-23 Resultados modelación de escenarios en PP-14

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	77	3	El pozo ya se encuentra tapado	Laguna de purín tratado	1	No cumple para efectos de este análisis. Se deben implementar medidas adicionales[a]
2	137	73			13	
3	229	58			11	
4	325	48			10	
5	361	42			10	
6	457	26			8	
7	518	23			7	
8	2,180	4			1	
9	1,930	5			1	
10	1,749	8			2	
11	1,603	10			2	
12	1,516	7			2	
13	1,572	8			2	
14	2,097	13			2	
15	2,036	14			3	

[a]En la Sección 7.6 se analizan medidas adicionales

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, al modelar el Escenario 2, el cual implementa la tecnología biofiltro en todos los pabellones del plantel, medida con el mayor esfuerzo posible considerando las medidas tecnológicas que es posible de evaluar en la modelación con CALPUFF realizada en el presente estudio, no se alcanza el cumplimiento normativo de dicho escenario, y, por ende, tampoco el del Escenario 3. De todas formas, para realizar la evaluación costo beneficio del cumplimiento normativo de este plantel para los Escenarios 2 y 3, se complementa esta modelación con el modelo simplificado de penacho gaussiano, el cual estima el TEO (ou_E/s) del plantel (estimado como solo una fuente puntual) necesario para el cumplimiento normativo de cada escenario estimando así los beneficios por reducción de olor de dicho escenario. Respecto al análisis de los beneficios asociados a la reducción de amoniaco de este plantel, solo se considera el beneficio por la implementación de biofiltros en todos los pabellones. Para el caso de la estimación de costos, luego de incluir los costos de implementación de biofiltros en todos los pabellones, se considera un costo medio hasta alcanzar el cumplimiento normativo de cada escenario (ver mayor detalle de todas estas consideraciones en la Sección 7.6).

- **Análisis resultados plantel:**

Los niveles de emisión obtenidos a partir de la aplicación de la metodología de factores de emisión obtenidos por Envirometrika (Sección 6.2.1.2), indican que la fuente de emisión de mayor aporte va a depender del valor de su parámetro de actividad correspondiente. En este caso, si se comparan los valores de los FE, el pozo homogeneizador presenta prácticamente el

doble que los sistemas de engorda. El parámetro de actividad asociado al número de animales en el sector de engorda compensa esta diferencia en los FE, posicionándolas como las mayores fuentes de emisión.

El presente plantel presenta receptores situados muy cerca de las fuentes de emisión, a distancia menores a los 500 m. El nivel de tecnología aplicado por el plantel, eliminación biológica aerobia de materia orgánica (lodos activos y compostaje) suponen medidas eficaces para reducir el nivel de emisión de olor en el tratamiento de purín, asimismo con la tecnología de túnel en la etapa de producción animal en los pabellones. Aun así, como consecuencia de la cercanía de los receptores, en su línea base solamente 5 receptores están por debajo de las 7 ou_E/m^3. Si se aplica un sistema de tratamiento por biofiltración de las emisiones procedentes a todos los pabellones (escenario 2), se logra reducir en más de un 70% la concentración en los receptores más cercanos, quedando en valores próximos a las 7 ou_E/m^3. Es difícil con el nivel de resolución solicitado por el SEA de 1x1 km concluir con certeza y de manera determinista que, efectivamente, están por encima del límite de 7 ou_E/m^3, sería necesario aumentar la resolución a niveles de 100x100 m para poder mejorar los resultados.

6.3.2.9 PP-21

- **Caracterización del plantel:**

El plantel N°21 se sitúa en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y para efectos del estudio, se identificaron las lagunas de acumulación como las fuentes emisoras en este sector. El tamaño de plantel cae dentro de la categoría de producción grande, en función del número total de animales (Figura 6-53).

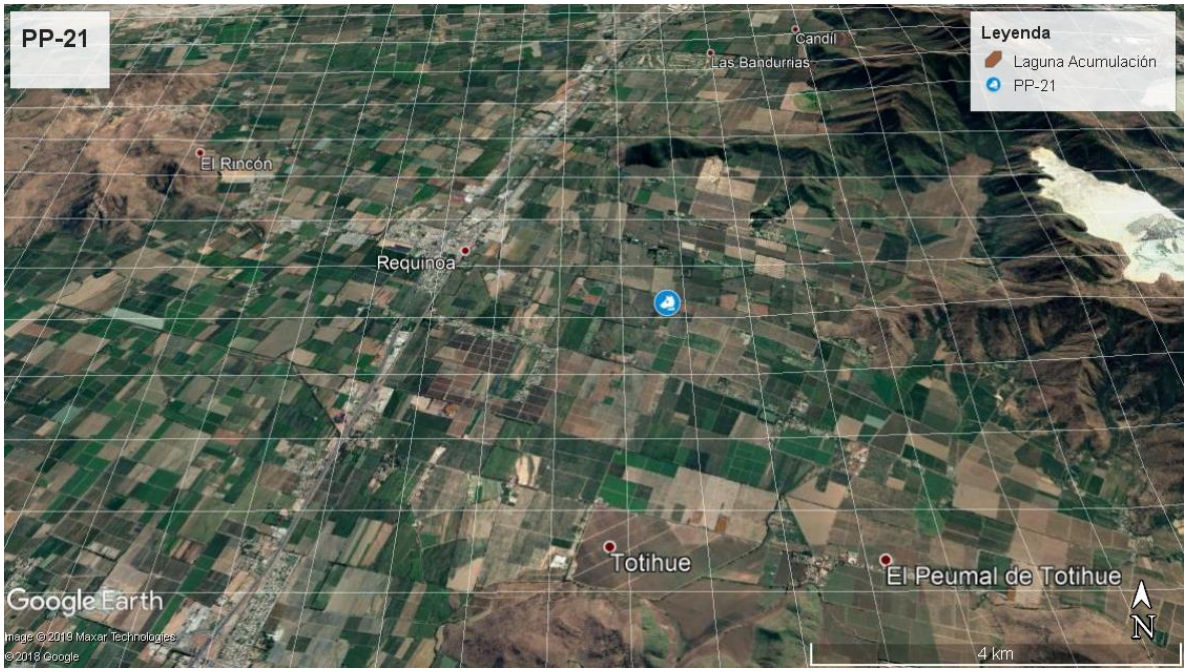


Figura 6-53 Ubicación del plantel PP-21 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

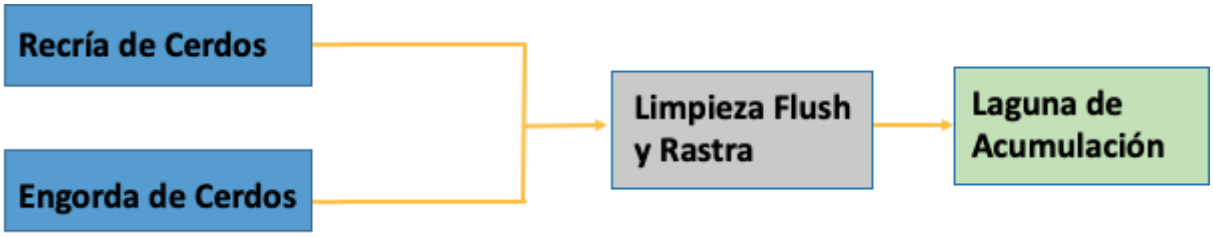


Figura 6-54 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-21
Fuente: Elaboración propia

El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **medio** debido a que no se pudo identificar el pozo purinero o algún sistema de separación sólido-líquido.

- **Emisión de olor:**

Como fuentes de emisiones se consideraron principalmente las lagunas de acumulación del Plantel N°21.

Tabla 6-24 Identificación de fuentes de emisión de PP-21

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E /s)
1	Laguna Acumulación 2	LAG	13,800	m^2	14.72	ou_E/m^2*s	203,131
2	Laguna Acumulación 4	LAG	9,500	m^2	14.72	ou_E/m^2*s	139,837
3	Laguna Acumulación 1	LAG	7,500	m^2	14.72	ou_E/m^2*s	110,397
4	SP-49	E	10,072	m^2	9.60	ou_E/m^2*s	96,691
4	SP-70	E	10,072	m^2	9.60	ou_E/m^2*s	96,691
4	SP-99	E	10,072	m^2	9.60	ou_E/m^2*s	96,691
4	SP-123	E	10,072	m^2	9.60	ou_E/m^2*s	96,691
4	Laguna Acumulación 5	LAG	6,350	m^2	14.72	ou_E/m^2*s	93,470
5	Laguna Acumulación 3	LAG	3,700	m^2	14.72	ou_E/m^2*s	54,463

Fuente: Elaboración propia

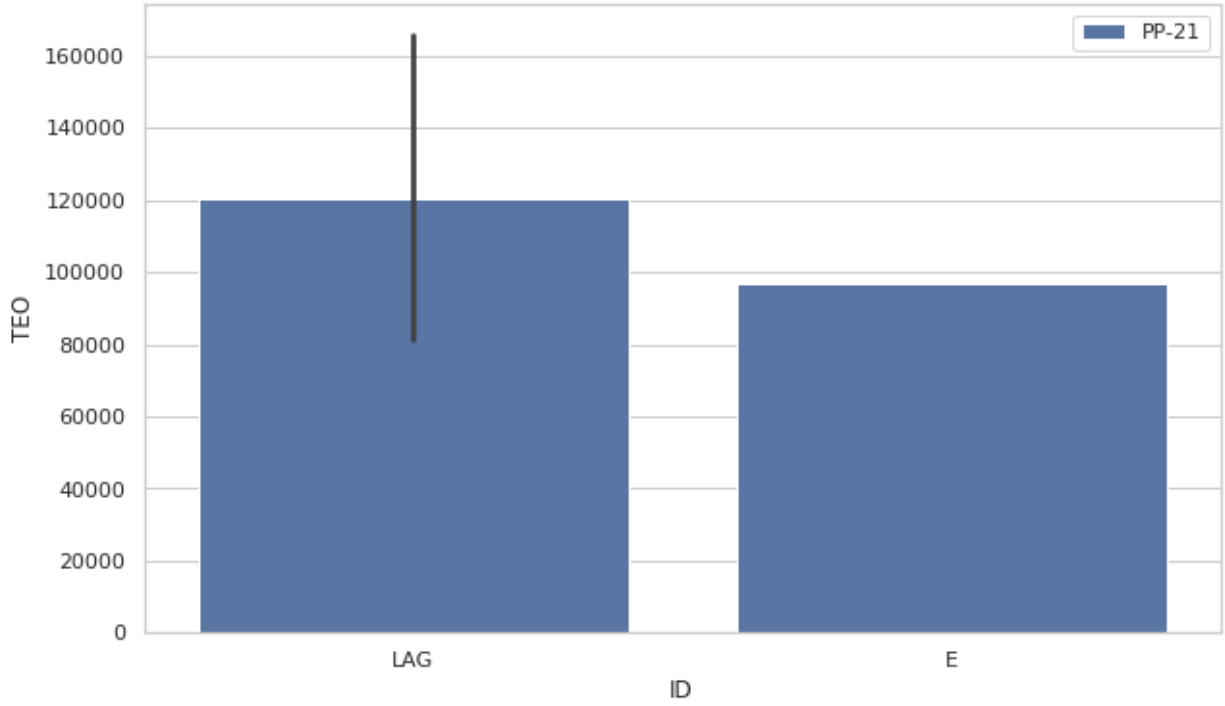


Figura 6-55 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-21

Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 45% para los pabellones y un 55% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

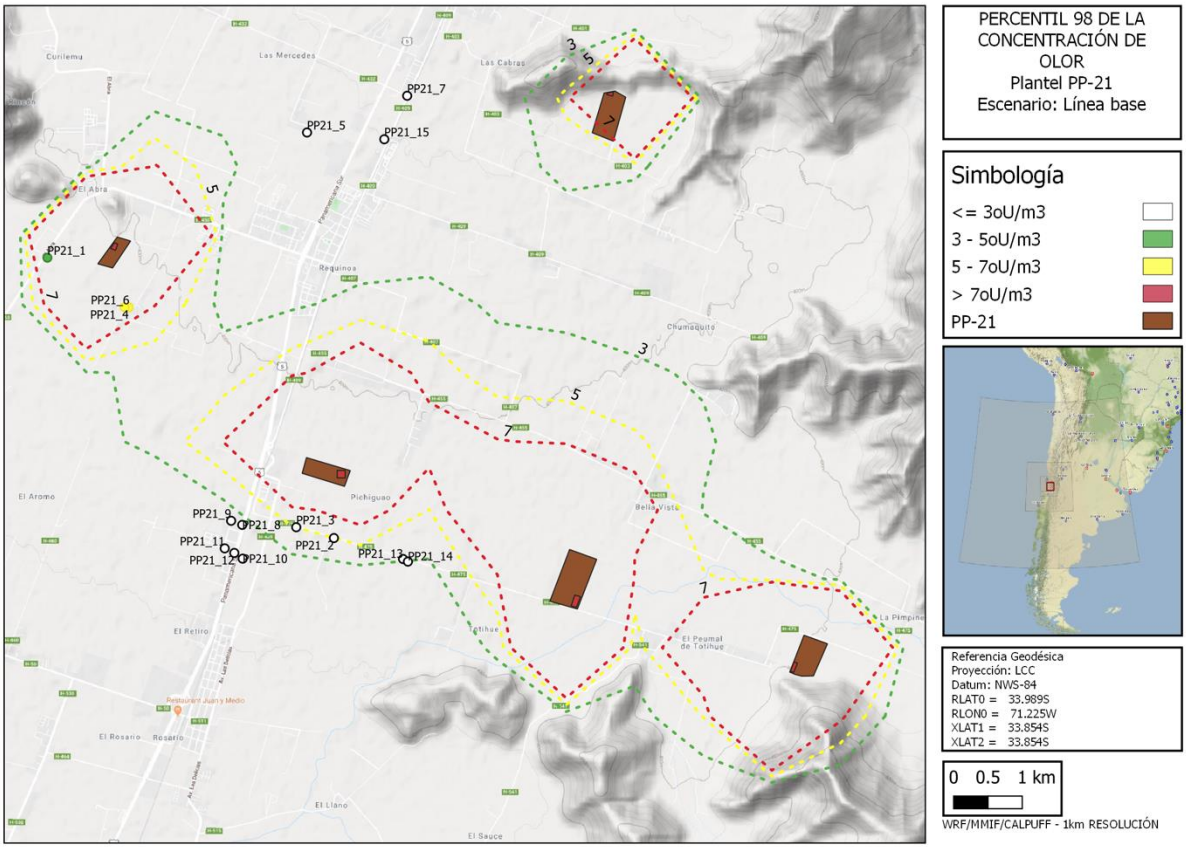


Figura 6-56 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-21

Fuente: Elaboración propia

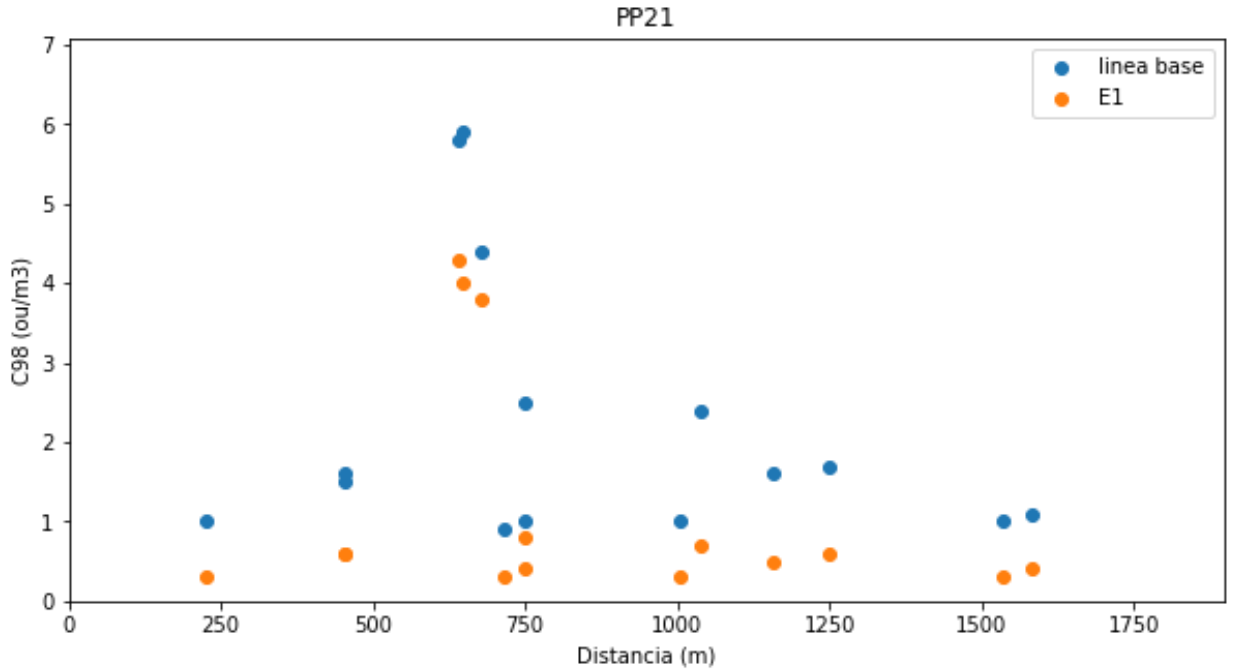


Figura 6-57 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-21

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-25 Resultados modelación de escenarios en PP-21 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia (m)	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	683	4	No se logra caracterizar el pozo	4	Se cumple la concentración en todos los receptores	
2	189	3		1		
3	1,040	2		1		
4	25	6		4		
5	368	1		0		
6	41	6		4		
7	239	1		0		
8	354	2		1		
9	299	2		1		
10	603	1		0		
11	68	1		0		
12	141	1		0		
13	5	2		1		
14	175	2		1		
15	187	1		0		

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**:

Los niveles de emisión obtenidos a partir de la aplicación de la metodología de factores de emisión obtenidos por Envirometrika (Sección 6.2.1.2), indican que la fuente de emisión de mayor aporte va a depender del valor de su parámetro de actividad correspondiente. En este caso, si se comparan los valores de los FE, las lagunas de acumulación de purín presentan un valor un 50% superior a los FE provenientes de las cortinas de los pabellones de engorda. Por lo tanto, cuando el área disponible de emisión se asemeja en magnitud, el nivel de emisión de una laguna de acumulación supera al pabellón como en este caso.

Los niveles de concentración en los receptores se sitúan por debajo del umbral de las 7 ou_E/m^3 en el escenario actual, por lo que, al aplicar medidas de reducción, tales como reducción de las emisiones de las lagunas, se logra reducir los niveles de concentración en los receptores dispuestos, quedando todos ellos por debajo de las 5 ou_E/m^3.

6.3.2.10 PP-49

- **Caracterización del plantel**

El Plantel N°49 se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago y está conformado por un sector, que posee pabellones de maternidad, recría, engorda y sistemas de tratamiento. El tamaño de producción es grande en función de su número total de animales.

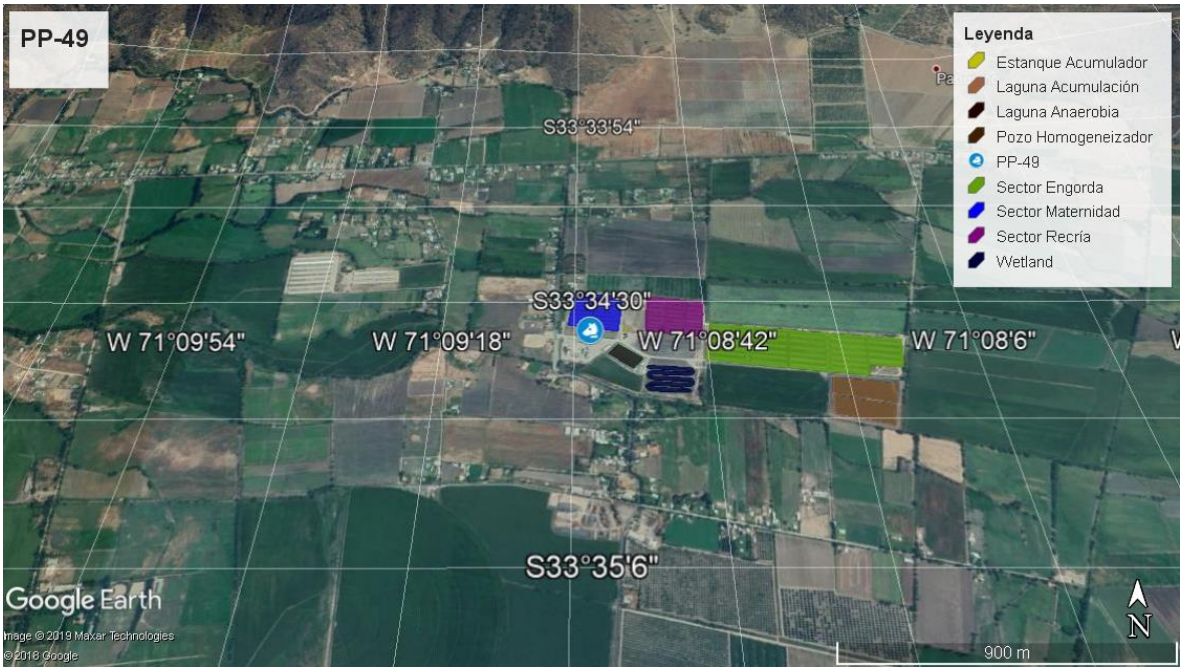


Figura 6-58 Ubicación del plantel PP-49 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El sistema de manejo de purín se corresponde con estanques de acumulación, wetland, pozo homogeneizador, laguna anaerobia y laguna de acumulación. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente plantel es **bajo** como consecuencia que se pudieron identificar tanto la ubicación de las fuentes como sus parámetros de actividad (PA) correspondientes.

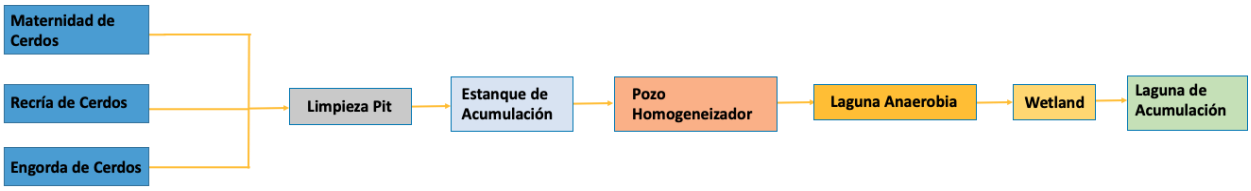


Figura 6-59 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-49
Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel se consideraron las fuentes de emisión provenientes de la producción y de la planta de tratamiento. El plantel posee dos estanques acumuladores, cuyos FE asignados se corresponden al funcionamiento de un pozo homogeneizador.

Tabla 6-26 Identificación de fuentes de emisión de PP-49

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	E	32,000	animales	6.7	ou_E/animal*s	214,306
2	Sector Maternidad	M	7,895	animales	17.9	ou_E/animal*s	141,411
3	Laguna Acumulación 1[a]	LAG	16,500	m^2	4.0	ou_E/m^2*s.	66,000
4	Laguna Acumulación 2[a]	LAG	16,000	m^2	4.0	ou_E/m^2*s.	64,000
5	Sector Recría	R	22,000	animales	2.7	ou_E/animal*s	59,671
6	Estanque Acumulador 1[b]	PH	100	m^2	83.4	ou_E/m^2*s.	8,336
7	Estanque Acumulador 2[b]	PH	100	m^2	83.4	ou_E/m^2*s.	8,336
8	Wetland	W	13,500	m^2	0.2	ou_E/m^2*s.	3,210
9	Pozo Homogeneizador	PH	27	m^2	83.4	ou_E/m^2*s.	2,251
10	Laguna Anaerobia	LA	6,250	m^2	0.2	ou_E/m^2*s.	1,486

[a]El plantel cuenta con tratamiento secundario, por lo cual se utiliza el FE de lagunas de purín tratado

[b]El estanque acumulador es equivalente a un pozo de homogenización

Fuente: Elaboración propia

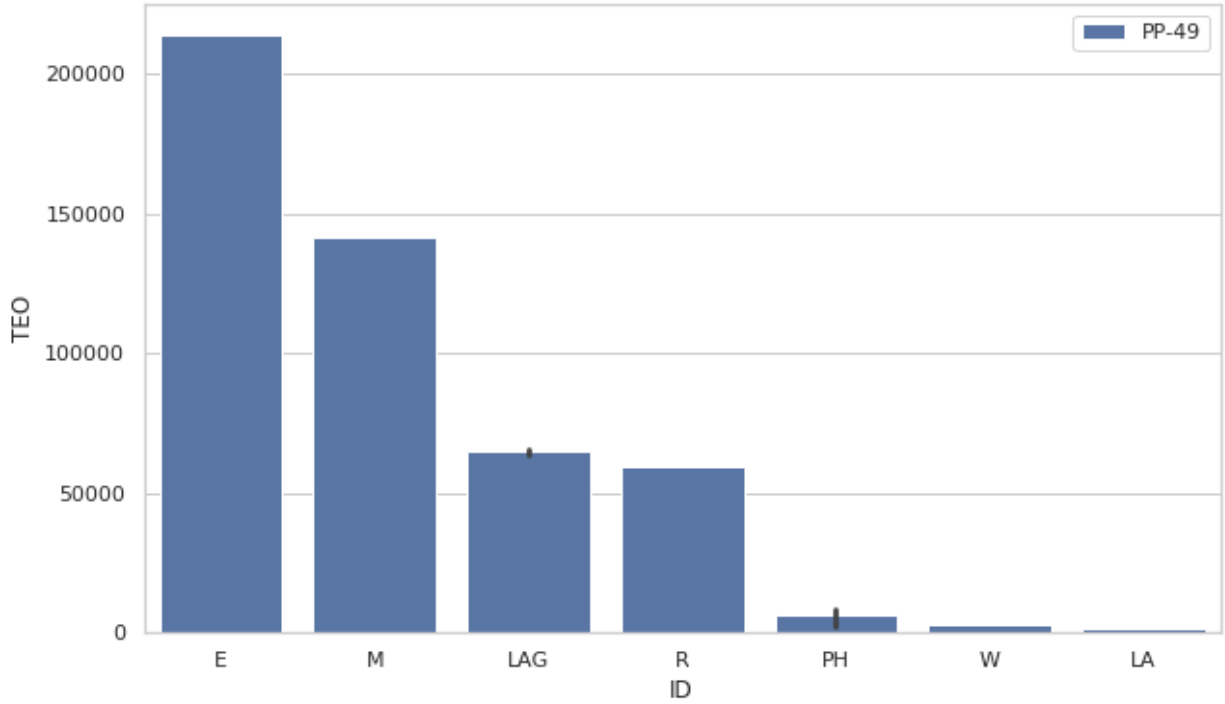


Figura 6-60 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-49

Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 73% para los pabellones y un 27% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

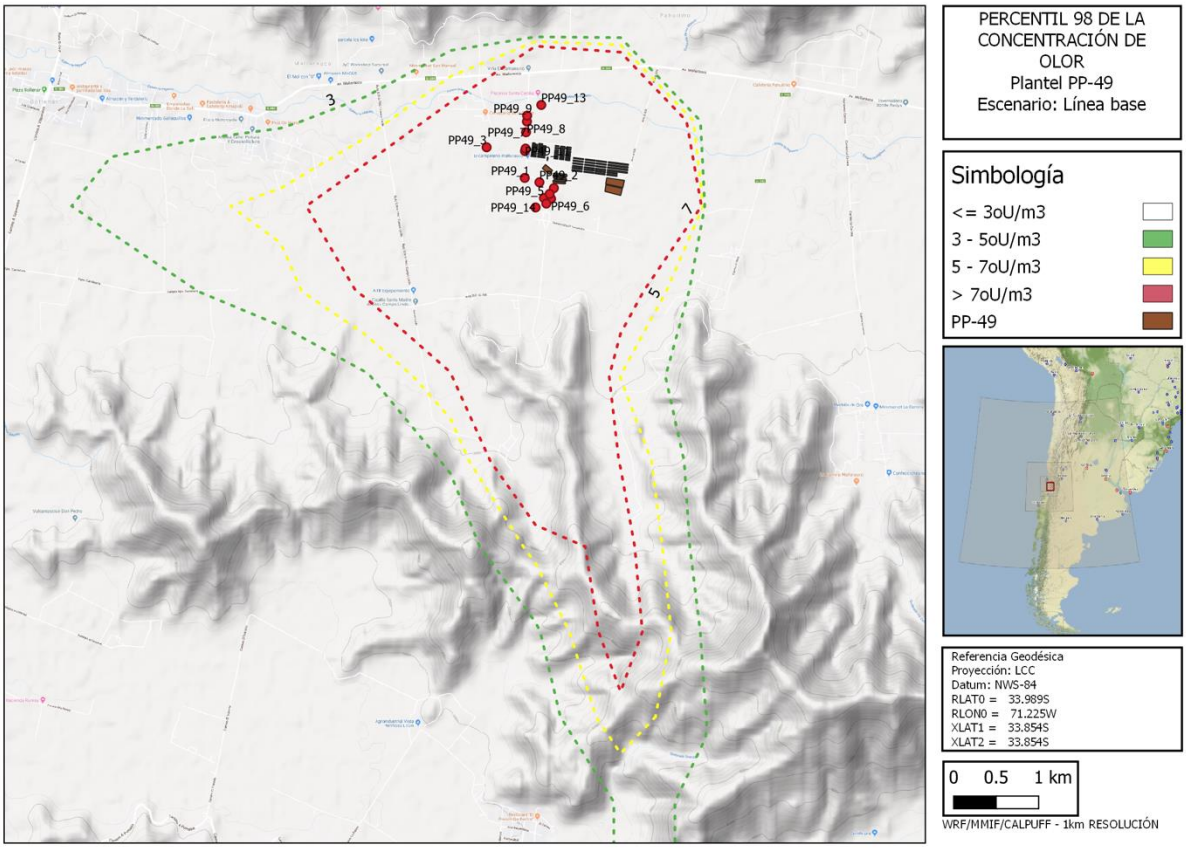


Figura 6-61 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-49

Fuente: Elaboración propia

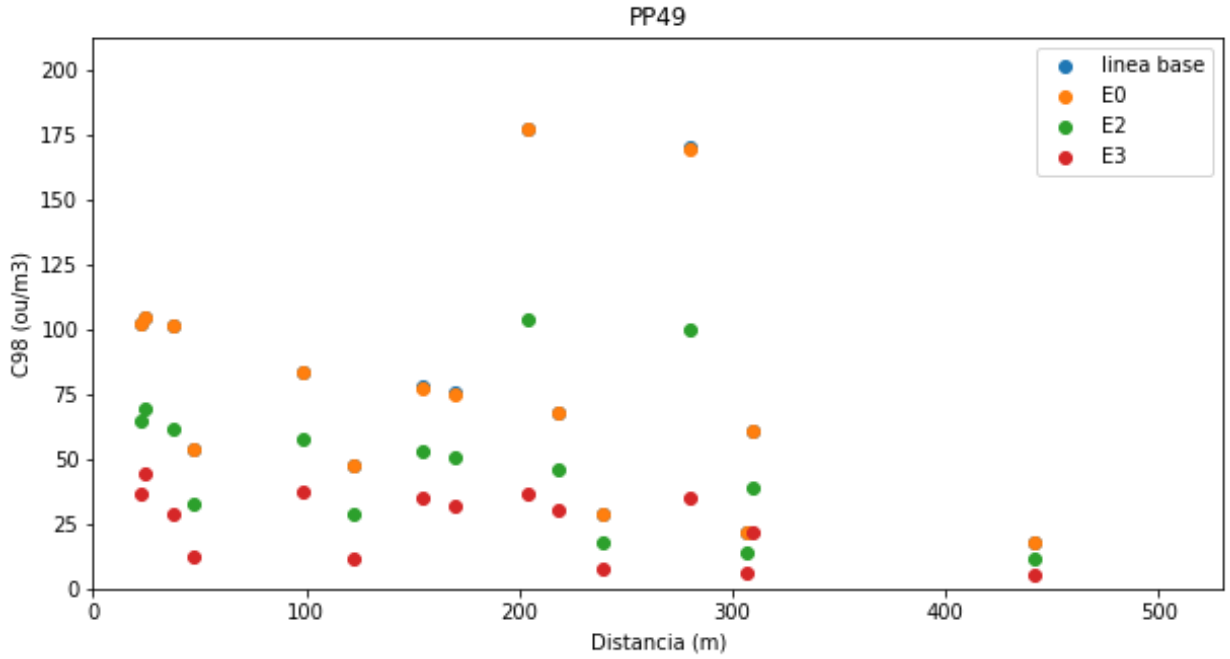


Figura 6-62 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-49

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-27 Resultados modelación de escenarios en PP-49 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	45	102	102	Laguna de purín tratado	29	No cumple para efectos de este análisis. Se deben implementar medidas adicionales[a]
2	16	102	102		37	
3	26	54	54		13	
4	18	105	105		45	
5	172	76	76		32	
6	151	78	78		35	
7	122	48	48		12	
8	239	29	29		8	
9	307	22	22		6	
10	219	68	68		31	
11	202	177	177		36	
12	274	170	170		35	
13	387	18	18		5	
14	303	61	61		22	
15	87	84	84		37	

[a]En la Sección 7.6 se analizan medidas adicionales

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, al modelar el Escenario 2, el cual implementa la tecnología biofiltro en todos los pabellones del plantel, medida con el mayor esfuerzo posible considerando las medidas tecnológicas que es posible de evaluar en la modelación con CALPUFF realizada en el presente estudio, no se alcanza el cumplimiento normativo de dicho escenario, y, por ende, tampoco el del Escenario 3. De todas formas, para realizar la evaluación costo beneficio del cumplimiento normativo de este plantel para los Escenarios 2 y 3, se complementa esta modelación con el modelo simplificado de penacho gaussiano, el cual estima el TEO (ou_E/s) del plantel (estimado como solo una fuente puntual) necesario para el cumplimiento normativo de cada escenario estimando así los beneficios por reducción de olor de dicho escenario. Respecto al análisis de los beneficios asociados a la reducción de amoniaco de este plantel, solo se considera el beneficio por la implementación de biofiltros en todos los pabellones. Para el caso de la estimación de costos, luego de incluir los costos de implementación de biofiltros en todos los pabellones, se considera un costo medio hasta alcanzar el cumplimiento normativo de cada escenario (ver mayor detalle de todas estas consideraciones en la Sección 7.6).

- **Análisis resultados plantel:**

Este plantel cuenta, al igual que el plantel PP-14, con un avanzado sistema de tratamiento de los purines generados, con eliminación de materia orgánica por digestión anaerobia y posterior almacenamiento en lagunas de acumulación. Si se analizan los niveles de concentración en los receptores se manifiestan niveles muy por encima de las 7 ou_E/m^3 para la totalidad de los mismos. Ahora bien, las distancias a las que están situados no superar los 400 metros,

encontrándose cinco de ellos a distancias inferiores a los 50 metros. Esta cercanía a la instalación y dado en nivel de resolución utilizado bajo los estándares de la "*Guía del SEA para estudio de calidad de aire*" de 1 km x1 km es muy difícil asegurar con plena certeza esos valores al encontrarse dentro de una celda cuyas condiciones meteorológicas (temperatura, altura de capa de mezcla, velocidad y dirección del viento) presentan isotropía espacial[23].

6.3.2.11 PP-98

- **Caracterización del plantel:**

El Plantel N°98 se sitúa en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y está conformado por dos sectores, donde se poseen pabellones de maternidad y gestión, recría, y engorda. Adicionalmente, se puede visualizar la laguna de acumulación y laguna anaerobia. El tamaño de producción es grande, en función de su número total de animales (Figura 6-63).

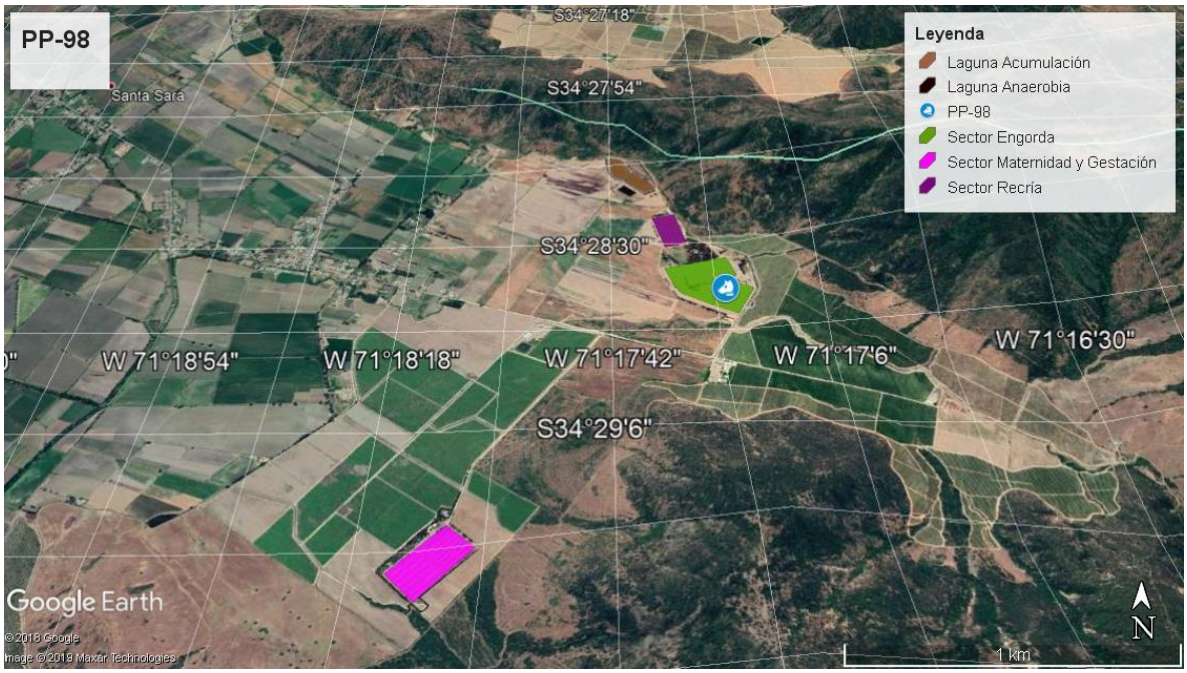


Figura 6-63 Ubicación del plantel PP-98 en conjunto con sus fuentes de emisión
Fuente: Elaboración propia

El plantel cuenta con producción porcina en ciclo completo, es decir, las etapas de maternidad, gestación, recría y engorda, así como un sistema de tratamiento de purines con digestión anaerobia y posterior acumulación en lagunas. El nivel de **incertidumbre** asociado al presente

[23] Homogeneidad en sus valores en cualquier punto del espacio contenido en el volumen de control de análisis.

plantel es **medio** debido a que no se pudo identificar el pozo purinero o algún sistema de separación sólido-líquido y la ubicación exacta de la laguna anaerobia.

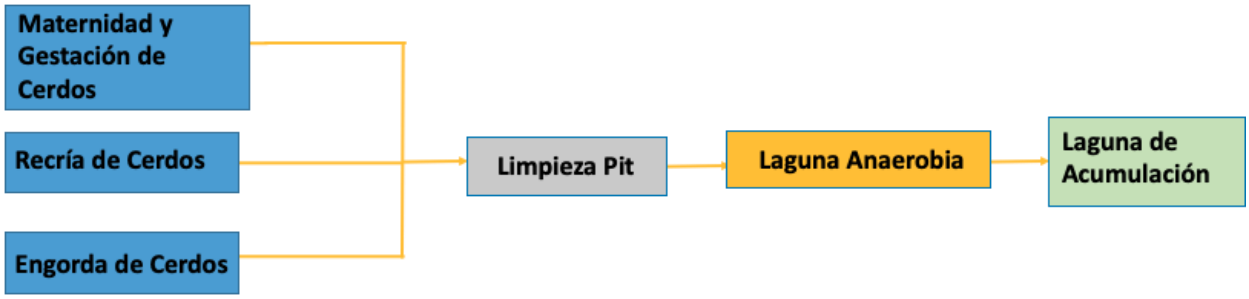


Figura 6-64 Ubicación de las fuentes dentro del sistema de manejo de purín PP-98

Fuente: Elaboración propia

- **Emisión de olor:**

Para el presente plantel, se incluyeron fuentes de emisión provenientes del tratamiento de purines.

Tabla 6-28 Identificación de fuentes de emisión de PP-98

Ranking	Identificación	ID	NA	Unidad de medida NA	FE	Unidad de medida FE	TEO (ou_E/s)
1	Sector Engorda	E	20,289	animales	6.7	ou_E/animal*s	135,876
2	Sector Maternidad y gestación	M	5,131	animales	14.7	ou_E/animal*s	75,593
3	Laguna Acumulación 1[a]	LAG	10,500	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	42,000
4	Laguna Acumulación 2[a]	LAG	10,100	m^2	4.0	ou_E/m^2*s	40,400
5	Sector Recría	R	13,615	animales	2.7	ou_E/animal*s	36,927
6	Laguna Anaerobia	LA	3,180	m^2	7.2	ou_E/m^2*s	22,803

[a]El plantel cuenta con tratamiento secundario, por lo cual se utiliza el FE de lagunas de purín tratado

Fuente: Elaboración propia

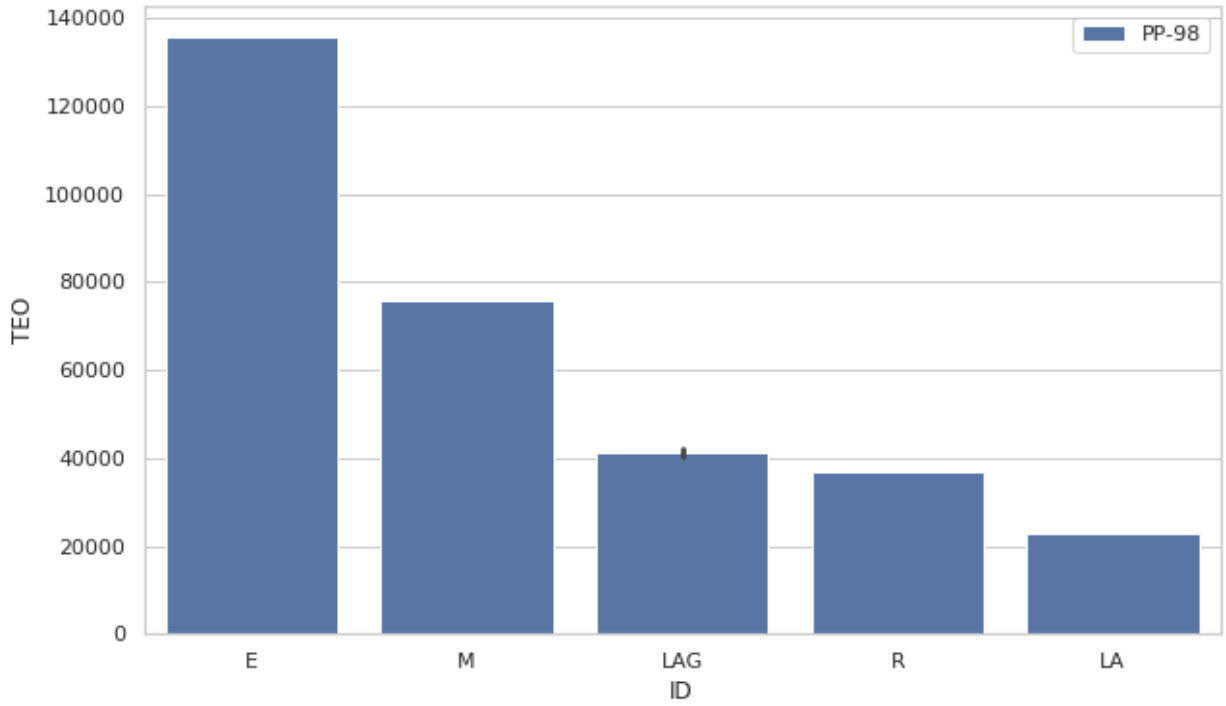


Figura 6-65 Tasas de emisión de olor por fuente del plantel PP-98
Fuente: Elaboración propia

Las TEO para las fuentes muestran una distribución de un 70% para los pabellones y un 30% para el sistema de tratamiento.

- **Resultados de modelación:**

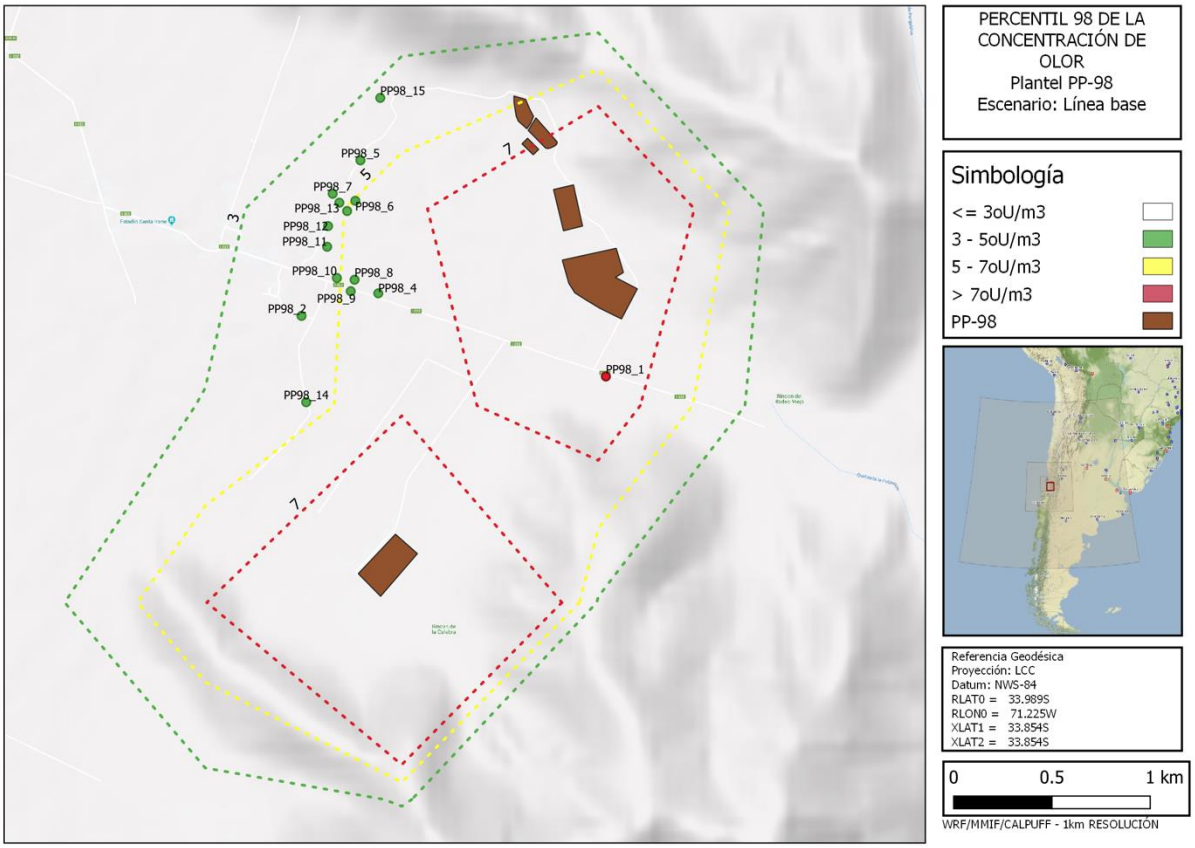


Figura 6-66 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-98

Fuente: Elaboración propia

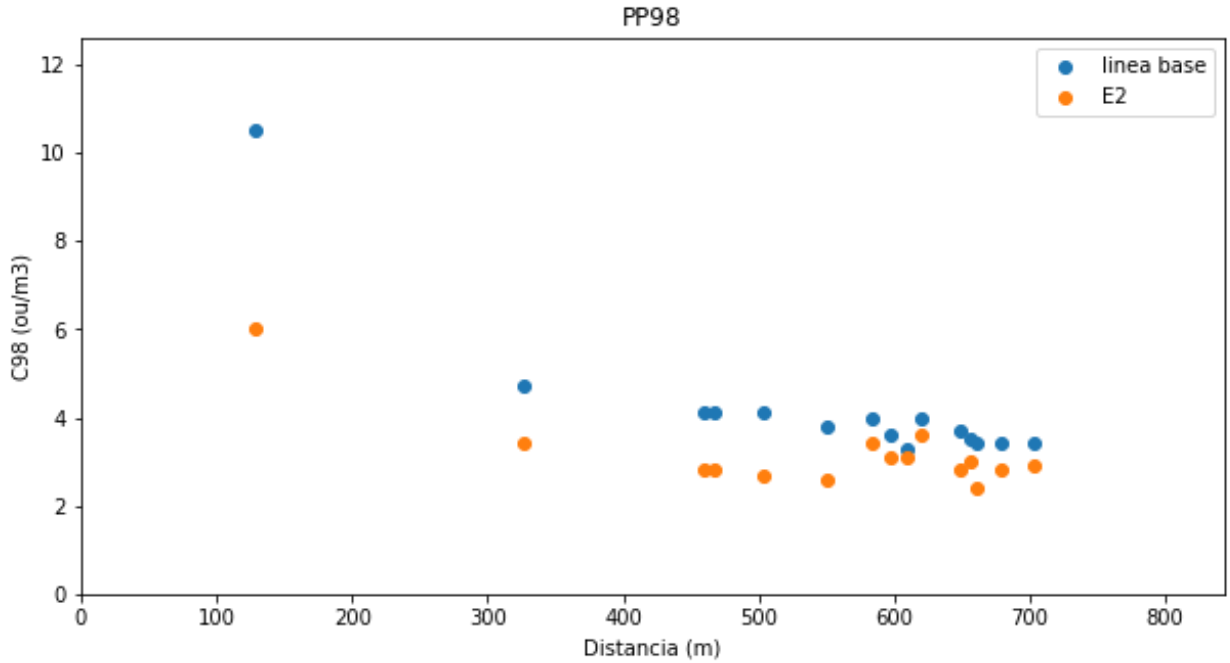


Figura 6-67 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para los receptores del plantel PP-98

Fuente: Elaboración propia

- **Resumen escenarios e identificación de receptores**

Tabla 6-29 Resultados modelación de escenarios en PP-98 (ou_E/m^3, percentil 98)

Receptor	Distancia [m]	Línea base	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
			Cubierta pozo	Reducción en laguna	7 ou_E/m^3 en receptor	5 ou_E/m^3 en receptor
1	290	11	No se logra caracterizar el pozo	Laguna de purín tratado	6	Dado el resultado del Escenario 2 *, se asume cumplimiento en todos los receptores
2	59	3			2	
3	409	4			3	
4	492	5			3	
5	1,106	4			4	
6	944	4			3	
7	1,130	3			3	
8	1,075	4			3	
9	1,199	4			3	
10	1,044	4			3	
11	1,063	4			3	
12	1,148	3			3	
13	1,192	4			3	
14	1,195	4			3	
15	1,159	3			3	

Nota: se destacan con color verde los receptores que cumplen con el límite de 5 ou_E/m^3.
* Si bien existe aún un receptor que presenta 6 ou_E/m^3, debido a toda la incertidumbre inherente de la modelación, se supone que a un resultado igual a 6 ou_E/m^3 es probable que alcance el escenario de 5 ou_E/m^3.
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis resultados plantel**:

Los niveles de concentración a los que están expuestos los receptores, salvo en el receptor número 1, son inferiores a las 5 ou_E/m^3. Por lo tanto, aplicando una medida de reducción de las emisiones procedentes de los pabellones implementando sistema túnel consigue disminuir en el receptor más cercando su nivel de concentración hasta las 6 ou_E/m^3. Dada la incertidumbre asociada al nivel de resolución aplicado, como se ha explicado a lo largo de los resultados de la modelación, no se justifica la aplicación de otra medida adicional, tal como instalación de biofiltro en los pabellones para reducir 1 ou_E/m^3 en un único receptor dadas las limitaciones del presente estudio.

6.3.2.12 Resultados generales

Los 11 planteles seleccionados a los cuales se lleva a cabo la simulación del impacto atmosférico procedente de sus fuentes de emisión identificadas presentan diferentes configuraciones de fuentes de emisión tal y como se observa su distribución de las tasas de emisión de olor por tipo de fuente y plantel en la Figura 6-68.

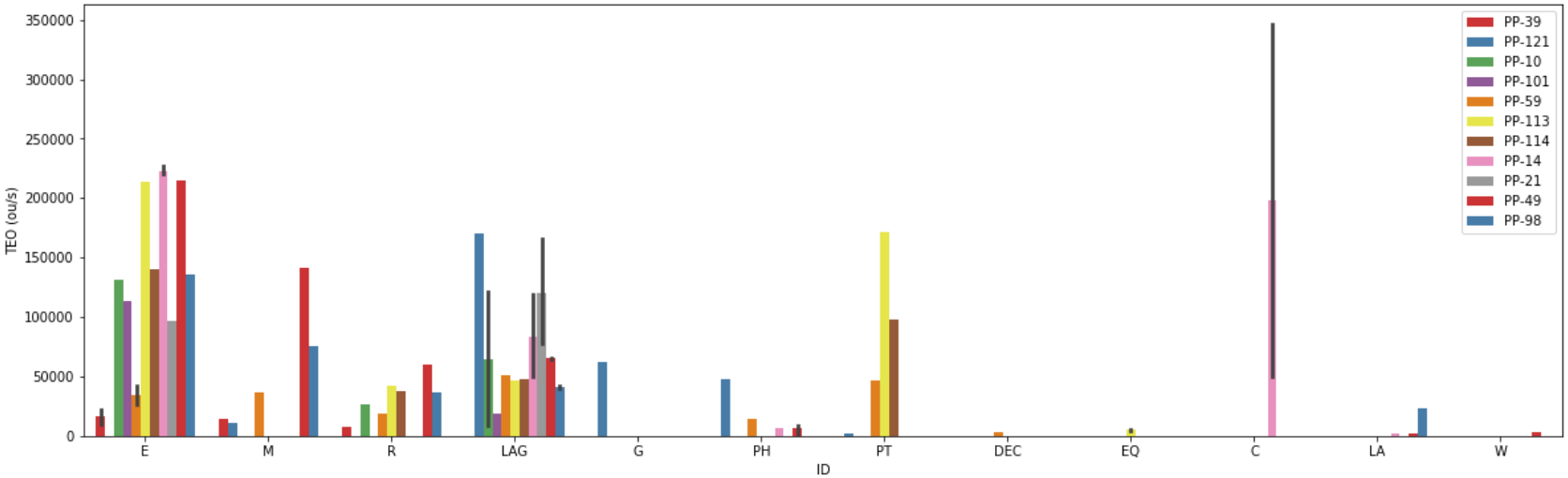


Figura 6-68 Distribución de tasas de emisión de olor por tipo de fuente y plantel

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- E: Engorda
- LAG: Laguna Acumulación
- R: Recría
- C: Compostaje
- PH: Pozo Homogeneizador
- LA: Lodos Activos
- M: Maternidad
- W: Wetland
- PT: Pretratamiento (separación sólido líquido: tamices, filtros parabólicos, trommel)
- DEC: Decantador
- EQ: Ecualizador
- G: Gestación

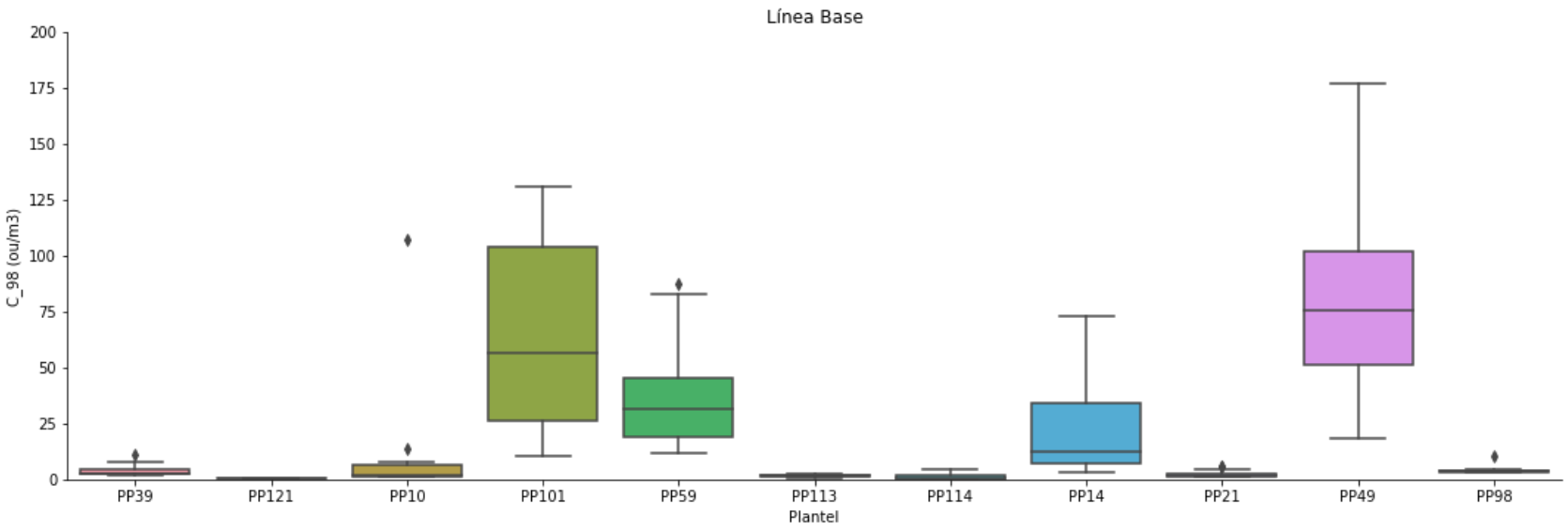


Figura 6-69 Distribución de los niveles de concentración de olor en inmisión en los receptores por tipo plantel en su línea base

Fuente: Elaboración propia

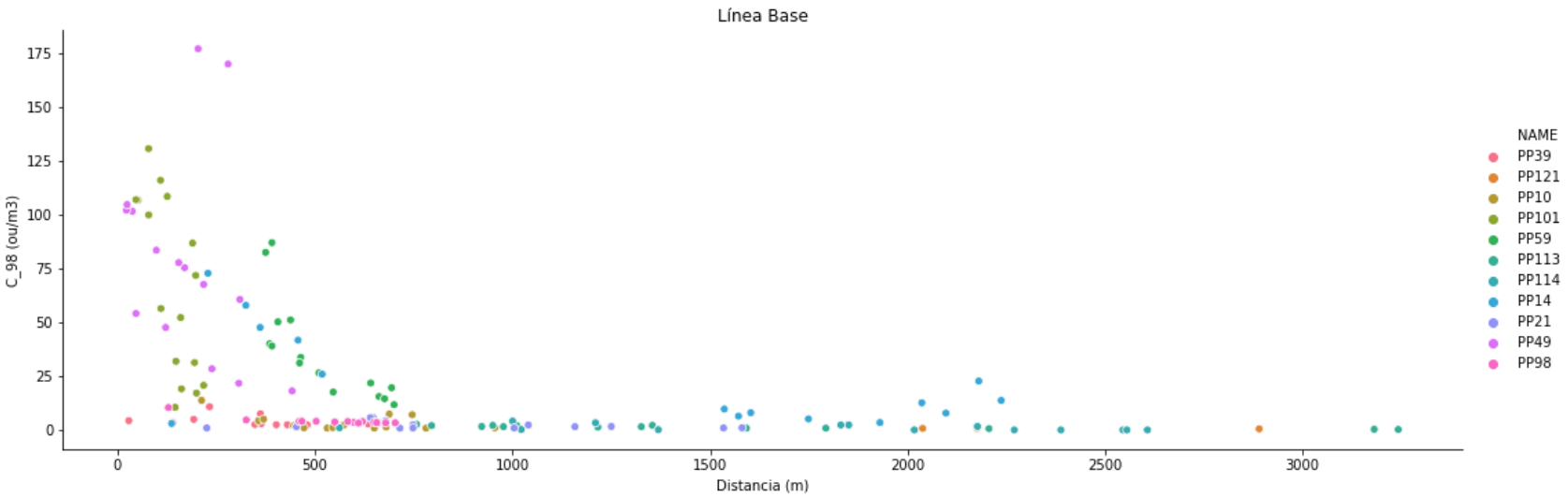


Figura 6-70 Distribución de los niveles de concentración de olor en inmisión en los receptores por tipo plantel en su línea base en función de su distancia al plantel

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de los niveles de concentración en los receptores discretos definidos por cada plantel se puede observar una gran variabilidad tanto en el rango de concentraciones (**Figura** 6-69) como en la distancia donde se sitúan (Figura 6-23). En total se evaluaron 113 receptores discretos para los 11 planteles modelados, donde el 45% se sitúa a una distancia menor de 500 m del plantel. Al contrastar el nivel de exposición de los receptores, se puede vislumbrar que la distancia de separación puede resultar ser una variable de decisión que, de manera agrupada, en un 45% de ellos presentan valores por encima de las 5 ou_E/m^3 en distancia inferiores a los 500 m.

Las mayores fuentes de emisión se corresponden con las etapas de engorda y las lagunas de acumulación en términos generales. Ahora bien, al dividir por tamaño la contribución de las etapas de producción o pabellones (engorda, recría, maternidad y gestación) y tratamiento se observa una distribución diferente (ver Figura 6-71). Este resultado muestra que en planteles pequeños el impacto provocado por las emisiones de olor proviene fundamentalmente de la etapa de tratamiento del purín, no ocurriendo lo mismo para los planteles medianos o grandes donde se concentran mayoritariamente las emisiones en las etapas de producción en los pabellones.

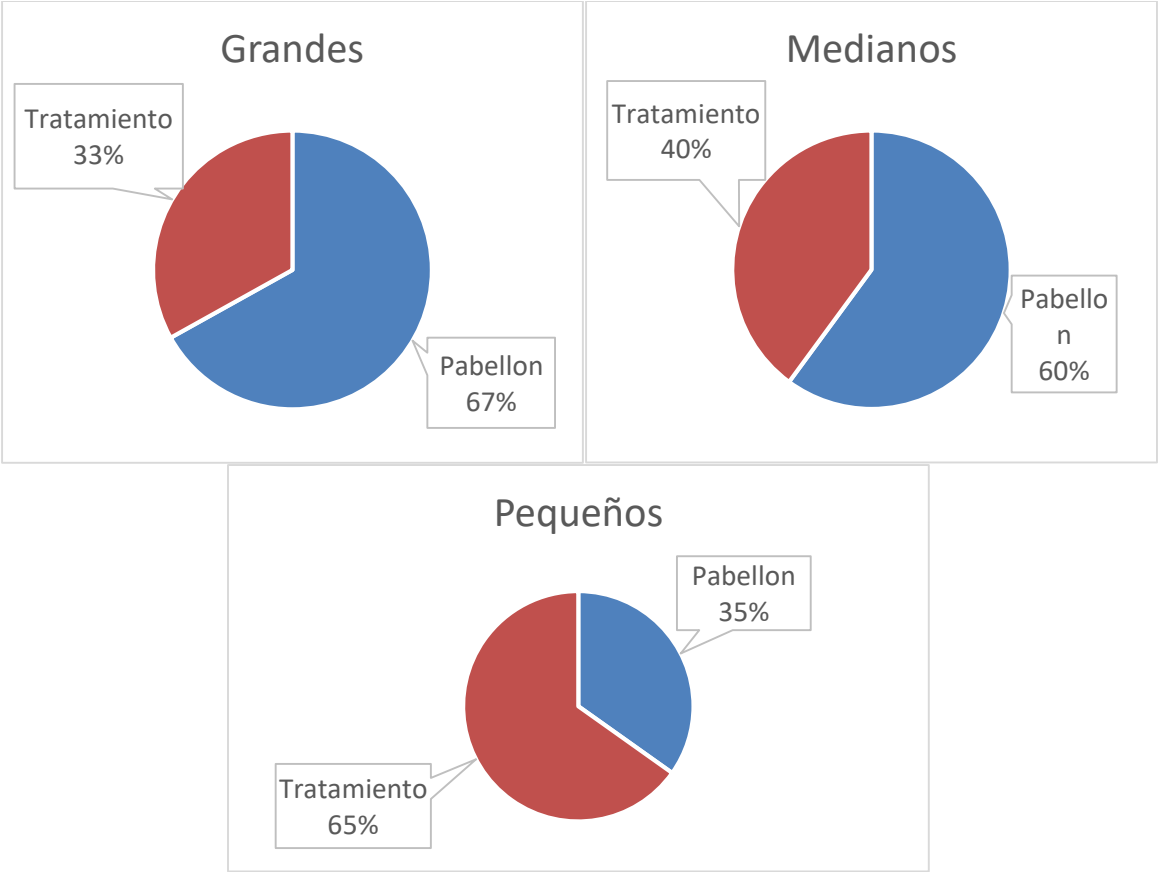


Figura 6-71 Distribución de tasas de emisión de olor pabellones/tratamiento por tamaño plantel

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-30 presenta un resumen de lo modelado para cada plantel.

Tabla 6-30 Resumen de escenarios evaluados para los 11 planteles modelados

Código plantel	Tamaño plantel	Tipo de tratamiento	Tratamiento secundario	Laguna	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
					Pozo	Etapa laguna	7 ou_E/m^3	5 ou_E/m^3
PP-39	PEQUEÑO	Sin tratamiento	N.A	No	No tiene pozo	No tiene laguna	N.A la exigencia	
PP-121	PEQUEÑO	Primario	N.A	Si	Cubierta pozo	Cubierta laguna		
PP-10	MEDIANO	Primario	N.A	Si	No tiene pozo	Biodigestor		
PP-101	MEDIANO	Primario	N.A	Si	No tiene pozo	Biodigestor		
PP-59	MEDIANO	Primario	N.A	Si	Cubierta pozo	Biodigestor		
PP-113	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si		Laguna de purín tratado	Se cumple la concentración en todos los receptores	
PP-114	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si	No tiene pozo	Laguna de purín tratado	Se cumple la concentración en todos los receptores	
PP-14	GRANDE	Secundario	Planta Lodos Activados	Si	El pozo ya está cubierto	Laguna de purín tratado	Túnel y Biofiltro en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]
PP-21	GRANDE	Primario	N.A	Si	No tiene pozo	Biodigestor	Se cumple la concentración en todos los receptores	
PP-49	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si	Cubierta pozo	Laguna de purín tratado	Túnel y biofiltro, en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]
PP-98	GRANDE	Secundario	Biodigestor	Si	No tiene pozo		Túnel en todos los pabellones	Se cumple la concentración en todos los receptores

[a]El análisis de modelación para planteles incluye sólo algunas medidas de reducción de emisiones, por lo cual, en los planteles que no cumplan la exigencia de límite de concentración en el receptor se deben analizar medidas adicionales.

Fuente: Elaboración propia

7. Identificación y Estimación de Costos y Beneficios Económicos y Ambientales

En Chile, la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente introdujo formalmente el análisis económico en los procesos de elaboración de ciertas regulaciones ambientales. Particularmente, en los artículos 32, 40 y 44 se establece el procedimiento que debe seguir para la dictación de una norma de calidad, una norma de emisión y planes de prevención y descontaminación respectivamente, el cual incluye dentro de sus etapas un análisis técnico y económico (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2007). Este análisis deberá incorporar la evaluación de los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas y deberá contener los costos y beneficios para el o los emisores que deberán cumplir la norma y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1995)

Es importante mencionar que el reglamento que obliga a la elaboración de un AGIES no establece ningún criterio normativo con respecto a los resultados que éste entregue. Es decir, se requiere de su elaboración como una herramienta que apoye la toma de decisiones pero no existe un criterio normativo que implique que los beneficios sociales deben ser mayores a los costos sociales (Ministerio del Medio Ambiente, 2013).

En general, el análisis y evaluación costo beneficio de una normativa ambiental está determinada en relación a los costos directos e indirectos que implica el cumplimiento normativo para el sector industrial regulado y los beneficios que esta mejora ambiental genera, en relación a la disminución del daño ambiental respecto a la línea base sin normativa. En el caso particular de la problemática asociada a la emisión y percepción de olores, la cuantificación de los costos se realiza de manera relativamente sencilla, pero en el caso de los beneficios, el nivel de complejidad para asignar un valor monetario a la molestia generada por olores es mayor debido a que no solo daño material o financiero puede ocurrir bajo una situación de olor molesto, sino que también puede existir un daño ambiental intangible, el cual es aún más difícil de cuantificar y valorizar. Otra dificultad que se presenta al momento de valorizar el beneficio ambiental asociada a una normativa de olores es que el olor no es igualmente molesto en toda la población y muy poca información existe respecto a los efectos en el bienestar de la población y la salud de esta (Van Broeck, Bogaert, & De Meyer, 2009). Esto también se ve afectado por diferencias en la sensibilidad de la población expuesta, ya sea por su edad (niños, tercera edad, etc.), antecedentes familiares, enfermedades (asma, problemas pulmonares, entre otros), u otros.

El presente capítulo en su Sección 7.1 presenta la identificación de los beneficios ambientales, tanto directos como indirectos, asociados a normativa de olor junto con un análisis respecto a la factibilidad de cuantificación y valorización de estos a partir de revisión de bibliografía

internacional como también a partir del envío de una entrevista escrita a reguladores de países que ya cuentan con normativa de olores, con el objetivo principal de identificar y levantar si es que se incluyeron o no en la evaluación de la normativa, la evaluación de los beneficios asociados a esta. Se presenta una recopilación de estudios de valoración ambiental asociada a la valoración social de la externalidad "olores", identificando la valoración social que se determina en cada uno de estos estudios, valores que en la Sección 7.1 son utilizados para determinar la valoración de beneficios en el contexto de este estudio considerando un método de transferencia de beneficios siguiendo los lineamientos y recomendaciones de la Guía de Transferencia de Beneficios (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b).

En la Sección 7.2 se presenta la identificación de beneficios asociados al cumplimiento de las exigencias de la normativa de olores. Así también se presenta la metodología utilizada para la estimación de los beneficios asociados a la reducción de las emisiones de amoniaco (Sección 7.2.1) y la reducción de las emisiones de metano (Sección 0), en cada escenario regulatorio evaluado.

En la Sección 0 se identifican y analizan los costos directos que implica la normativa al sector regulado en sus diferentes escenarios de evaluación dependiendo de las características de cada plantel (tamaño y características de línea base de su cadena de manejo y ubicación). Se presentan los costos asociados a las tecnologías de abatimiento incluyendo costos de inversión, operación y mantención levantados a partir de la revisión internacional y antecedentes nacionales. Se presentan también los costos de medición y monitoreo que exige la propuesta normativa, los cuales provienen de un análisis de costos declarados por los laboratorios nacionales que prestan este servicio.

Por su parte, la Sección 7.4, basándose en el análisis de costos por plantel desarrollado en la Sección 0, presenta un análisis económico respecto a cómo afecta la propuesta de norma a las empresas según su tamaño y según el nivel de inversión que estas tendrán que realizar para cumplir con los escenarios normativos analizados.

La Sección 7.5 presenta el análisis de los costos que implicará para el Estado la fiscalización de la norma considerando un costo fijo por la operación de una oficina y profesionales encargados de la revisión de reportes de seguimiento y costo variable asociado a actividades de fiscalización en terreno.

Por último, y tomando como punto de partida los análisis unitarios de costos y beneficios resultantes de las Sección 0 y Sección 7.2 junto con los resultados del estudio de impacto de olor para los 11 planteles modelados respecto a las condiciones de línea base como también a las condiciones resultantes de cumplir con los escenarios normativos evaluados, la Sección 7.6 presenta el método de evaluación de los costos y beneficios asociados a los escenarios regulatorios evaluados considerando la aplicación de esta normativa a nivel nacional. Para esto,

se presentan los resultados del análisis del costo y beneficio resultante para cada uno de los planteles modelados para luego presentar y ejecutar el método para extrapolar estos resultados a todos los planteles presentes a nivel nacional.

7.1 Recopilación bibliográfica sobre los beneficios económicos y ambientales cuantificables y no cuantificables respecto a normativa de olores existentes a nivel internacional

7.1.1 Identificación y cuantificación de impactos asociados a la exposición de olores

El olor es uno de los vectores ambientales que pueden causar molestia, al mismo tiempo que puede causar perjuicio cuando la exposición es frecuente y repetida. Estos vectores ambientales se denominan "factores de estrés ambiental", y están incluidos aquí el olor, el ruido, las vibraciones y la luz artificial, entre otros.

Los olores desagradables se han considerado señales o indicadores de advertencia de los riesgos potenciales para la salud humana, pero no necesariamente desencadenantes directos de efectos sobre la salud. Según (Aatamila et al., 2011) el potencial de los mecanismos patofisiológicos asociados a los síntomas derivados de malos olores es poco claro, pero muchos de los agentes presentes son irritantes y pro – inflamatorios, aunque también se reportan otros efectos inmunológicos o bien reacciones sicológicas al estrés ambiental.

La exposición a los olores que se perciben como desagradables puede afectar el bienestar a niveles de exposición muy inferiores a los que daría lugar a efectos fisiológicos o patológicos, y son trastornos mediados por el estrés, como, por ejemplo, trastornos del sueño, dolores de cabeza, problemas respiratorios. De hecho, malos olores emitidos por instalaciones industriales provocan quejas de irritación de los ojos, nariz y garganta, dolor de cabeza, náuseas, diarrea, ronquera, dolor de garganta, tos, opresión en el pecho, congestión nasal, palpitaciones, dificultad para respirar, tensión, somnolencia y alteraciones en el estado de ánimo (Schiffman SS, Walker JM, Dalton P, Lorig TS, Raymer JH, 2004).

El malestar por un olor ocurre cuando una persona expuesta a un olor, lo percibe como indeseado o desagradable. Entre los principales factores relacionados con el malestar o molestia por el olor percibido son los siguientes:

- Ofensividad del olor;
- Duración de la exposición al olor;
- Frecuencia de aparición de olor; y
- Tolerancia y expectación de los sujetos expuestos.

Entonces, la cuantificación del malestar por olor se podría establecer sobre la base que combina la exposición calculada con el conocimiento de la relación dosis – respuesta para cuantificar y evaluar el impacto del olor. Sin embargo, esta relación no es la misma para cada comunidad ya que está determinada por factores tales como el hacinamiento, las expectativas de calidad ambiental, las prioridades económicas, etc.

Según lo expuesto en los párrafos anteriores, el olor no es igualmente molesto en toda la población como también existe muy poca información asociada a los efectos en el bienestar de la población y la salud de esta. Estas características generan una dificultad especial al momento de valorizar el beneficio ambiental asociada a una normativa de olores (Van Broeck et al., 2009).

Por su parte, al momento de identificar los beneficios de la implementación de una norma de olores, también deben considerarse los cobeneficios o beneficios indirectos que posee la implementación de tecnologías que reducen olor y que implican también reducción de emisiones de amoniaco. La reducción de las emisiones de amoniaco implica mejoras en la calidad del aire debido a que el amoniaco es un precursor del $PM_{2.5}$, contaminante que afecta directamente a la salud de la población.

Por último, la implementación de tecnologías que reducen olor puede también generar una reducción, o aumento, de gases efecto invernadero, cobeneficio que también debe ser considerado al momento de realizar la evaluación de los beneficios ambientales asociados a la implementación de una normativa de olor. Un resumen de los cobeneficios se presenta a continuación.

Tabla 7-1 Resumen de cobeneficios asociados a una norma de olores para planteles porcinos

Posible efecto de la norma de olores	Cobeneficio
Disminución de malos olores en las cercanías de los planteles	Mejora en la salud de la población asociada a efectos negativos en la población cercana, tales como insomnio, dolores de cabeza, pérdida de apetito, problemas respiratorios, entre otros
	Aumento del valor monetario de las viviendas
	Mejora en la imagen comercial de las empresas del rubro y del país
	Mejora en la salud de la población asociada a una mejora en la calidad del aire ($MP_{2.5}$) producto de la reducción de emisión de amoniaco
Reducción de las emisiones de amoniaco	Mejoras en la calidad del aire debido a que el amoniaco es un precursor del $MP_{2.5}$, contaminante que afecta directamente a la salud de la población
Reducción de las emisiones de metano	Disminución (o aumento) de gases efecto invernadero producto de la implementación de las medidas

Fuente: (Estrada, Kraakman, Muñoz, & Lebrero, 2011;Van Broeck et al., 2009;Saphores & Aguilar-Benitez, 2005;Hockman, Hwang, & Rudzitis, 1976;Beloff, Beaver, & Massin, 2000; Batalhone, Nogueira, & Mueller, 2002; Eyckmans, De Jaeger, & Rousseau, 2011; Università degli Studi di Siena, 2006b;Mardones, 2006)

El documento *"A review of odour impact criteria in selected countries around the world"* (Brancher, Griffiths, Franco, & de Melo Lisboa, 2017) sistematiza la regulación en tema de olores para 30 experiencias distintas. Se utiliza la identificación de estas experiencias para orientar la búsqueda bibliográfica asociada a identificar si en estos países se realizó una evaluación de los beneficios o al menos una identificación de estos al momento de implementar la normativa de olores. La Tabla 7-2 resume los países y regiones que poseen regulación de olores e indica que tipo de instrumento es utilizado para cada regulación.

Tabla 7-2 Países y regiones que poseen normativa asociada a olores

País	Región	Límites y guías para regulación	Límite de aplicación de la normativa	Criterio de regulación
Alemania	A nivel nacional	1 ou_E	Fuera de los límites de la fuente de emisión, barrio de la instalación con poblado no temporal	Criterio de máximo impacto y distancia de separación
Australia	Queensland	0.5 a 2.5 ou_E dependiendo de la industria	Límite de zona no rural	Criterio de máximo impacto, distancia de separación, máxima emisión y estándar de tecnología
	New South Wales	2 a 7 ou_E	En el más cercano existente o probable futuro receptor sensible fuera del sitio, basado en la densidad de población	
	South Australia	2 a 10 ou_E	En el más cercano existente o probable futuro receptor sensible fuera del sitio, basado en la densidad de población	
	Victoria	1 ou_E para industria en general y 5 ou_E para cría de animales	En o más allá de la línea de la cerca	
	Western Australia	2 y 4 ou_E para receptores sensibles	Receptor más cercano	
Austria	A nivel nacional	1 y 5 -8 ou_E para áreas residenciales. 1 ou_E en áreas spa	Fuera del límite de la propiedad en áreas residenciales o de spa	Criterio de máximo impacto y distancia de separación
Bélgica	Walloon	3 ou_E para el caso del compost, se mide en los límites de las instalaciones. 6 ou_E para chancheras y 10 ou_E para aves de corral, ambas medidas para el receptor más cercano	Receptor más cercano para chancheras y aves de corral, Limites de instalaciones para compost	Sin Información
	Flanders	Límites del 0.5 a 10 ou_E dependiendo del tipo de receptor y de la aglomeración en el caso de la industria ganadera	Distancia máxima a la que el olor emitido desde la fuente puede ser detectado	
Brasil	Paraná	Tasa de emisión máxima de olores de 5 x 10^6 $ou_E h^{-1}$	Distancia suficiente para evitar molestias olfativas en los centros de población	Criterio de máximo impacto, distancia de separación y máxima emisión
	Sao Paulo	No hay límites (se establecen límites para componentes específicos asociados a olores, pero no para olor en sí)	No aplica	
Canadá	Quebec	Olor es considerado como un contaminante, pero no hay límites de exposición objetivos. Existen lineamientos para sectores específicos (actividades de compostaje, biogás) que determinan distancias mínimas de separación para sitios residenciales según el nivel de actividad	Primer receptor sensible	Sin Información
	Manitoba	2 ou_E para sitios residenciales, tiempo medio 3 min y 7 ou_E para sitios industriales	Primer receptor sensible	
	Ontario	No hay límite establecido en la regulación, pero rutinariamente se considera como máximo que para sitios sensibles no puede excederse 1 ou_E en un tiempo medio de 10 minutos	Primer receptor sensible	
Colombia	A nivel nacional	3 ou_E para actividades varias incluyendo preservación de carne, producción de aceites, planta de tratamiento de aguas, entre otras	Área de evaluación definida por la NTC 6012	Criterio de máximo impacto y estándar

País	Región	Límites y guías para regulación	Límite de aplicación de la normativa	Criterio de regulación
		5 ou_E para producción de ganado y preparación de aceites vegetales y grasas 7 ou_E para industria del café		de tecnología
Corea del Sur	A nivel nacional	En el exterior: 1000 D/T para áreas industriales y 500 D/T para otras áreas. Dentro de los límites del recinto: 20 D/T para áreas industriales y 15 D/T para otras áreas	Límite de las instalaciones	Criterio de máximo impacto
Dinamarca	A nivel nacional	5 – 10 ou_E para industrias. 5 ou_E para ganadería medido en zonas urbanas y 7 ou_E medido en conglomeraciones en zonas rurales	Fuera del límite de la propiedad en áreas residenciales, comerciales, industriales y de vivienda en áreas rurales	Criterio de máximo impacto, distancia de separación y máxima emisión
España	Catalonia	Medidos en zonas residenciales: 3 ou_E para manejo de residuos, destilado de productos animales y vegetales, mataderos, industria papel. 5 ou_E para ganado, carnes procesadas, planta de tratamiento de aguas, 7 ou_E industria café y otras	Fuera del límite de la propiedad en áreas residenciales	Criterio de máximo impacto
Estados Unidos	A nivel nacional	USEPA no regula el olor como un contaminante. Algunos estados regulan el olor usando un enfoque de límites de dilución de olor según un umbral Límites 7 D/T para áreas residenciales y 15 D/T para otros usos	En o más allá del límite de propiedad	Criterio de máximo impacto, distancia de separación, máxima molestia y estándar de tecnología
Francia	A nivel nacional	5 ou_E para actividad compostaje y producción de subproductos animales, para una distancia 3 de km	Dentro de los 3 km de la línea de cerca de la instalación	Criterio de máximo impacto y máxima emisión
Hong Kong	A nivel nacional	5 ou_E medidos para los receptores cercanos al punto de emisión	Receptor sensible más cercano	Criterio de máximo impacto y distancia de separación
Irlanda	A nivel nacional	1.5 ou_E es el objetivo para toda industria. En cuanto a límites establecen un máximo de 3 ou_E para nuevas unidades de producción de cerdos y 6 ou_E para unidades existentes de producción de cerdos	Receptores sensibles cercanos	Criterio de máximo impacto
Israel	A nivel nacional	1, 5 y 10 ou_E dependiendo del uso de la tierra y si son unidades existentes o nuevas	Fuera del límite de propiedad en áreas residenciales, mixtas u otras áreas	Criterio de máximo impacto
Italia	Lombardy	1, 3 y 5 ou_E aplicado a todo tipo de actividad	Sin Información	Criterio de máximo impacto y máxima emisión
	Puglia	1, 2, 3 … ou_E para planta de tratamiento de aguas	Receptores potencialmente sensibles	
Japón	A nivel nacional	Desarrolló sus propios estándares independientes del resto del mundo	Límite del sitio	Criterio de máximo impacto y máxima emisión

País	Región	Límites y guías para regulación	Límite de aplicación de la normativa	Criterio de regulación
Noruega	A nivel nacional	1 ou_E en áreas residenciales y 2 en áreas industriales	Vecino más cercano	-
Nueva Zelanda	A nivel nacional	1 – 10 ou_E dependiendo de la sensibilidad del ambiente receptor: alta (residencial y de alta densidad), moderada (industrial no denso), baja (áreas rurales, industrial densas, autopistas)	Fuera del límite de la propiedad en áreas residenciales y de alta densidad, industriales no densas o áreas rurales, industriales densas, autopistas	Criterio de máxima molestia
Países bajos	A nivel nacional	Depende del tipo de actividad	Distancia mínima de separación de al menos 100 m dentro del área construida y al menos a 50 m fuera del área construida para granjas de ganado	Criterio de máximo impacto y distancia de separación
Panamá	A nivel nacional	En el caso residencial y comercial: 15 D/T al límite de las instalaciones y 7 D/T al límite del receptor. En el caso industrial 30 D/T al límite de las instalaciones y 15 D/T al receptor. De no cumplir con lo estipulado se regulan 3, 6 y 10 ou_E dependiendo del nivel de ofensa	En el límite de la valla de la instalación	Criterio de máximo impacto y máxima molestia
Reino Unido	A nivel nacional	1.5 ou_E para emisiones de restos de animales, lodos y residuos orgánicos. 3 ou_E para cría de ganado y compostaje. 6 ou_E para industrial de café y cerveza	Límite del sitio	Criterio de máximo impacto
Taiwán	A nivel nacional	50 D/T en regiones industriales y de agricultura. 10 D/T en sectores residenciales	Límites de la instalación	Criterio de máximo impacto

[a]Se evaluó establecer la medida de límite en el predio de manera preliminar, sin embargo, se modificó a límite de emisión en el receptor más impactado.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Brancher et al., 2017)

Lamentablemente, el levantamiento de bibliografía internacional no levantó ninguna evaluación del tipo análisis costo beneficio de una normativa de olores para ninguno de los países y regiones mencionados en la Tabla 7-2. Sin embargo, la Sección 7.1.2 presenta un análisis bibliográfico de estudios y documentos que realizan ejercicios de valoración de la reducción de olores en diferentes contextos.

Debido a la no existencia de documentos disponibles públicamente en la web respecto a la evaluación de beneficios al momento de implementar una normativa de olores, se complementa este capítulo enviando una solicitud de entrevista directamente al regulador con el objetivo de levantar si es que se incluyeron o no en la evaluación de la normativa, la evaluación de los beneficios asociados a esta. A continuación, se resume lo comunicado por los contactos internacionales. El Anexo 11.2 presenta la pauta de la entrevista en su versión en español e inglés y la transcripción de lo que cada contacto respondió se incluye en el Anexo 11.3.

Tabla 7-3 Resumen de la información entregada por los contactos internacionales

País	Regulación de olores	Análisis costo-beneficio de normativa	Información analizada para la definición de la regulación	Exigencias asociadas a la normativa	Fiscalización
Australia	National Environment Piggery Guideline (Lineamientos nacionales).	No se realizan en el Departamento de Agua y Regulación Medioambiental Este tipo de análisis podría ser realizado por el Departamento de Tesorería, desde el punto de vista de inversión pública. Sin embargo, los lineamientos son voluntarios, no obligatorios	La regulación se basa en mejores prácticas desde el punto de vista de la producción y mejores tecnologías disponibles y técnicas de gestión desde el punto de vista de contaminantes. Para olores, polvo y ruido la distancia de separación son parámetros críticos. En particular para olores, los aspectos críticos son el concepto de ingeniería de almacenamiento y sistemas de manejo de purín in situ.	Actualmente Australia Oeste no acepta criterios de modelación (antes sí lo incorporaba y establecía límites de concentración), sólo exige buenas prácticas. Esto se define debido a la gran incertidumbre asociada a la modelación y su carácter acumulativo de esta incertidumbre en los inputs de la modelación	S.I
Experto técnico en temática de olores en el Reino Unido	La contaminación por olores está regulada por múltiples leyes.	No se realiza ACB ya que se considera que los costos son imposibles de separar de otros objetivos regulatorios.	No existen valores específicos para la contaminación por olores provistos en nuestra legislación u orientación. En nuestra guía H4, tenemos una serie de valores de "punto de referencia" indicativos para exposiciones modeladas. Sin embargo, estos están ahí para ayudar a guiar las decisiones, en lugar de especificar límites estrictos.	Los sitios permitidos pueden causar contaminación siempre que estén utilizando métodos apropiados o las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) para controlar esa contaminación. La modelación no se considera una herramienta adecuada para el cumplimiento normativo, las predicciones de impacto absoluto suelen ser muy pobres por diversas razones.	Por lo general, una autoridad local recibe una queja e investiga

País	Regulación de olores	Análisis costo-beneficio de normativa	Información analizada para la definición de la regulación	Exigencias asociadas a la normativa	Fiscalización
Alemania	La regulación de olores alemana se llama "Detection and Assessment of Odour in Ambient Air (Guideline on Odour in Ambient Air – GOAA)".	El Federal Immission Control Act indica que toda medida a implementar debe seguir el principio de proporcionalidad, lo cual implica que se deben tener en cuenta los costos y beneficios.	Para el establecimiento de la regulación de olores se realizó una gran investigación, se llevaron a cabo entrevistas y mediciones de exposición al olor y en el análisis de la información se encontró una correlación entre la exposición del olor y el nivel de molestia por olor en los residentes. Se encontró una correlación particular para la crianza de animales, y esta origina factores ponderadores para cerdos de engorda y reproducción.	Se utiliza la modelación de la dispersión de olor para calcular la exposición de olor en áreas residenciales.	Se monitorea el cumplimiento por medio de olfatometría, siguiendo las normas EN 13725, VDI 3880 and VDI 3884.
Dinamarca	Se cuenta con Directrices Generales ambientales sobre la emisión de olores de las industrias en Dinamarca. En particular se tiene el "Act on livestock farming and the use of fertilizers".	Cuando se propone una ley es obligatorio para el gobierno presentar una evaluación de las consecuencias económicas de dicha ley para ciudadanos, las empresas, autoridades locales y para el Estado.	S.I	Se realiza modelación inicial de olores para postular a un permiso, utilizando como input número de animales y sistemas de pabellón que entrega el productor o el consultor contratado por el productor. Es obligación la entrega de la postulación al permiso por vía sistema digital, en el cual se realizan todos los cálculos.	Las Municipalidades son la autoridad Ambiental para emitir permisos y realizar inspecciones. No se realizan mediciones de olor, sino que se valida el cumplimiento cuando se cumplen las condiciones del permiso.

Fuente: Elaboración propia

De las entrevistas realizadas a experiencias internacionales de regulación de olores se puede ver que todos los países cuentan con regulación de olores, aunque esta no siempre es específica para la industria ganadera. Australia, Alemania y Dinamarca realizan alguna forma de ACB de regulación, sin embargo, en Australia esto sería voluntario, no obligatorio y en el Reino Unido se considera que los costos no se pueden separar de otras regulaciones.

En general las regulaciones de los países entrevistados no establecen límites estrictos, sino más bien establecen referencias y exigencias de buenas prácticas.

7.1.2 Valoración de beneficios ambientales asociados a la implementación de una normativa de olores

A pesar de la dificultad en la cuantificación de los beneficios ambientales asociados a una reducción de la percepción de olores molestos, la estimación de los beneficios directos se encuentra basada comúnmente en la determinación de la población que se encuentra potencialmente molesta por el olor percibido (Van Broeck et al., 2009). 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.

En particular, existen dos métodos de valoración ambiental que han sido utilizados para determinar el costo social asociado a la percepción de un olor molesto; el método de precios hedónicos (i.e. método de preferencias reveladas en donde el valor económico es revelado a través de un mercado complementario, en este caso, el valor económico de las molestias causadas por olor es reflejado a través del precio de los terrenos/viviendas) y el método de valoración contingente (i.e. método de preferencias declaradas basado en encuestas que se realizan a los individuos sobre su disponibilidad o disposición a pagar sobre un determinado bien o servicio en una situación hipotética. En este caso, el valor económico es revelado a través de un mercado hipotético).

Debido a los altos costos de implementación de estas métodos y otras restricciones, tales como el tiempo requerido o los aspectos administrativos, para la valoración de beneficios de la normativa de olores a nivel nacional en el contexto del presente estudio se propone utilizar la técnica denominada Transferencia de Beneficios, que consiste en tomar valores económicos consignados en uno o más casos de estudio (sitio de estudio) y aplicarlos al caso específico que interesa valorar (sitio de política). El detalle de esta metodología junto a una guía de su implementación se presenta en la Guía Metodológica de Transferencia de Beneficios desarrollada por Greenlab en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b).

A partir de revisión bibliográfica de este tipo de ejercicios de valorización (i.e. precios hedónicos y valoración contingente), se identificaron una serie de documentos que serán de utilidad para la implementación del método de transferencia de beneficios y la definición del valor que será utilizado en la valoración de beneficios en el contexto de este estudio.

A continuación, se listan los estudios identificados a partir de la revisión bibliográfica, mientras que la Tabla 7-4 presenta un resumen de cada uno de estos documentos junto con la identificación de la valoración resultante.

- Economics of Air Pollution: Hedonic Price Model and Smell Consequences of Sewage Treatment Plants in Urban Areas (Batalhone et al., 2002)
- Hedonic valuation of odor nuisance using field measurements, a case study of an animal waste processing facility in Flanders (Eyckmans et al., 2011)
- Le emissioni odorigene: una valutazione económica (Università degli Studi di Siena, 2006a)
- Impacto de la percepción de la calidad del aire (percepción de malos olores) sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile (Mardones, 2006)
- Monetary valuation of odour nuisance as a tool to evaluate cost effectiveness of possible odour reduction techniques (Van Broeck et al., 2009)

  De los documentos levantados en la revisión bibliográfica, este es el único que podría acercarse a una evaluación oficial de los beneficios de una normativa ambiental debido a la participación directa del Flemish Government, Environment, Nature and Energy Department – Air, Nuisance; Risk Managment, Environment and Health Division.
- Smelly local polluters and residential property values: A Hedonic analysis of four orange county (California) Cities (Saphores & Aguilar-Benitez, 2005)
- Valuation of the External Costs and Benefits to Health and Environment of Waste Management Options (Defra, 2004)
- The environmental costs of landfills and incinerators (Hockman et al., 1976)
- Assessing societal costs associated with environmental impacts (Beloff et al., 2000)
- Valuing WTP for Diesel Odor Reductions: An Application of Contingent Ranking Technique (Lareau & Rae, 1989)

Tabla 7-4 Resumen documentos que estiman el costo social de la externalidad "olores"

Lugar	Fuente de olor	Impacto	Método de valoración	Medida	Valor	Unidad	Fuente
Bélgica	4 plantas de tratamiento de aguas servidas, 2 plantas de compostaje de residuos verdes	Mal olor (efecto cuantificado por medio de encuestas) El área de medición se determinó considerando el radio de distancia a la fuente de olor en que el olor se siente al menos un 2% del año	Disposición a pagar (DAP) por reducir el número de días en que las personas sienten el olor en un 80% 513 personas entrevistadas a través de encuestas en el vecindario de fuentes de olor	DAP para obtener una reducción de los días en que se siente el olor de un 80% por vivienda y por año	137.28	$\frac{\text{EUR (2005)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$	(Van Broeck et al., 2009)
	Planta de tratamiento de desechos de animales	Mal olor (efecto cuantificado con sistema de información geográfica (GIS))	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores. 1,245 registros de valores de venta de viviendas en el sector	Disminución precio por 1 su/m³ extra de olor	Modelo lineal: 1,526 (disminución en un 0,8% del valor de la vivienda) Modelo semi-log: 650 (disminución en un 0.4% del valor de la vivienda)	$\frac{\text{EUR (2008)}}{\text{su/m}^3}$	
California	8 empresas en el negocio del petróleo y el gas, 7 en el negocio automovilístico y 2 concesionarios de automóviles, 6 en la gestión de residuos, 4 involucrados en productos plásticos y 3 en la construcción y reparación de	Mal olor (efecto cuantificado con sistema de información geográfica (GIS)) Cómo afecta el olor se define por radios de: 1/4 millas, 1/2 millas y 3/4 millas según la distancia de las	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores	Porcentaje de devaluación por casa en zonas afectadas por "contaminadores locales malolientes"	2.0 – 3.4	$\frac{\%}{\text{radio de distancia a fuente de olor}}$	(Saphores & Aguilar-Benitez, 2005)

	embarcaciones. (Además de revestimiento de metal o acabado, etc.)	viviendas al origen del olor					
Reino Unido	Relleno sanitario	Mal olor (efecto cuantificado por medio de encuestas)	Disposición a pagar (DAP) entrevistando solo a 79 residentes alrededor del vertedero elegido. (Valores originales de: Willis and Garrod, 1997. "Estimating Lost Amenity Due to Landfill Waste Disposal. Resources, Conservation and Recycling.")	DAP marginal para reducir la cantidad de días en que el encuestado puede oler el sitio desde su hogar por día	0.1 -0.15	$\frac{\text{GBP (2003)}}{\text{Día sin olor} - \text{día}}$	(Defra, 2004)
EEUU (Chicago)	Rellenos sanitarios (55)	Mal olor (no cuantificado)	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores	Costo social total de un relleno sanitario por tonelada de residuos sólidos (enfocado a olores)	4.3	$\frac{\text{USD (1970)}}{\text{ton residuos sólidos}}$	(Hockman et al., 1976)
EEUU	Industrias y agricultura: Aguas residuales, manufactura, compostaje, alimentos, techos de asfalto	Disminución del disfrute de propiedad, impactos fisiológicos, sicológicos y ambientales (no cuantificados)	Evaluación del costo total (TCA, en inglés). El costo social se estima considerando atención médica, asistencia legal por reclamos a empresas emisoras y otros costos que incurren las personas para reducir el olor en el hogar	Costo anual promedio por hogar	425	$\frac{\text{USD (2000)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$	(Beloff et al., 2000)
EEUU	Olores de diésel	Mal olor (efecto cuantificado por medio de encuestas)	Disposición a pagar (DAP) mediante preguntas a 140 encuestados	DAP por hogar por año para una reducción de olores diésel	75	$\frac{\text{USD (1989)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$	(Lareau & Rae, 1989)
Brasil	Planta de tratamiento de aguas	Mal olor (no cuantificado). El efecto del olor es binario, existe o no existe olor	Cambios en el valor de las propiedades (precios hedónicos) por el impacto de olores. Muestra de 10,481	Disminución del valor del precio de las viviendas por aumento marginal de olor	9,907	$\frac{\text{USD (2002)}}{\text{existencia de olor}}$	(Batalhone et al., 2002)

			propiedades (4 modelos de precios)				
Bélgica	Planta de procesamiento de residuos animales	Mal olor (efecto cuantificado con sistema de información geográfica (GIS)) Efecto del olor se midió en terreno y se usó para estimar radios del área afectada por el olor	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores	Pérdida de bienestar total de 3,401 viviendas sometidas a un nivel de olor superior a 2 su/m^3	6.4 - 56 (promedio: 31.1)	MM EUR (2008)	(Eyckmans et al., 2011)
Italia	Planta azucarera	Mal olor. Efecto se mide considerando distancia a fuente de olor: no detectable; detectable; intenso; muy fuerte	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores	Disminución porcentual promedio del valor del precio de las viviendas	5	$\frac{\%}{\text{nivel olor}}$	(Università degli Studi di Siena, 2006b)
Chile	Industria de harina de pescado	Mal olor (efecto cuantificado por medio de encuestas). Efecto se mide considerando percepción del olor: muy leve; leve; moderado; fuerte; muy fuerte.	Precio hedónico. Cambios en el valor de las propiedades por el impacto de olores. Se muestran caídas de precios para varios modelos (línea, semilog, log-log y semilog inv)	Disminución total del valor de una vivienda promedio	4,750 (lineal) 1,716 (semilog, promedio) 872 (log-log, promedio) 3,131 (semi log inv)	$\frac{\text{M CLP 2003}}{\text{vivienda} - \text{nivel olor}}$	(Mardones, 2006)

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/m^3 equivale a 1-5 ou_E/m^3 (Van Elst & Delva, 2016)

7.2 Estimación de los beneficios y de los co-beneficios atribuibles a una mejora en la reducción de olores

A partir de los documentos levantados y analizados que estiman el costo social de la externalidad "olores" presentados en la Tabla 7-4, se debe determinar el beneficio social unitario que se utilizará para la evaluación del beneficio asociado a la reducción de la externalidad "olores" producto de la implementación de la normativa propuesta.

Si bien muchos de los estudios levantados en la Tabla 7-4 corresponden a la valoración social de la externalidad olor resultante de la aplicación del método de precios hedónicos, los resultados de estos no son fácilmente transferibles a Chile debido a la disponibilidad de información con la que se cuenta; debido a la ubicación de los planteles que es principalmente en áreas rurales, no se conoce en detalle la valoración de las viviendas y terrenos del sector, información que sería necesaria de tener disponible para utilizar dicho tipo de estudios. La información que si se dispone a partir del CENSO 2017 es la densidad poblacional para cada manzana censal alrededor de los planteles que emiten la externalidad de olor. Dado esto, de los documentos disponibles se seleccionaron aquellos que usan el método de valoración contingente (i.e. preferencias declaradas) para determinar la disposición a pagar de los habitantes por disminuir el olor, los cuales entregan valores de disposición a pago por disminuir el olor por vivienda por año, los cuales utilizando el supuesto de número de habitantes por vivienda proveniente del CENSO 2017 junto a la densidad poblacional a nivel de manzana censal permite transferir la DAP y utilizarlo en la evaluación de beneficios producto del cumplimiento normativo y la respectiva disminución de olor que esto produce. La Tabla 7-5 muestra la selección de los documentos potencialmente usables, la DAP resultante y las unidades correspondientes.

Tabla 7-5 Costo social seleccionados para análisis

Documento	País de referencia	Causa del Olor	Valor	Unidad
(Van Broeck et al., 2009)	Bélgica	Plantas de tratamiento de aguas residuales e instalaciones de compostaje de residuos verdes	137.28	$\frac{\text{EUR (2005)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
(Defra, 2004)	Inglaterra	Relleno sanitario	0.1 -0.15	$\frac{\text{GBP (2003)}}{\text{Día sin olor} - persona}$
(Beloff et al., 2000)	EEUU	Industrias y agricultura: Aguas residuales, manufactura, compostaje, alimentos, techos de asfalto	425	$\frac{\text{USD (2000)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
(Lareau & Rae, 1989)	EEUU	Diésel	75	$\frac{\text{USD (1989)}}{\text{vivienda} - \text{año}}$

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de utilizar estos valores, estos deben ser transferidos desde la realidad en que fueron calculados a la realidad donde serán utilizados. Para esto, se usa la técnica de Transferencia de Beneficios, que consiste en tomar valores económicos consignados en uno o más casos de estudio (sitio de estudio) y aplicarlos al caso específico que interesa valorar (sitio de política) (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b). En general, existen varios métodos de transferencia de beneficios, siendo los principales:

- Transferencia de Beneficios de valor unitario: transferencia de un valor procedente de un estudio primario preexistente a un nuevo estudio. A su vez se divide en:
    - Transferencia de valor unitario
    - Transferencia de valor unitario ajustado
- Transferencia de Beneficios de funciones: transferencia de la información a través de una estimación, normalmente es una función paramétrica derivada de un estudio primario, un meta-análisis que resuma los resultados de múltiples estudios o una calibración de preferencias que construya un modelo de utilidad estructural. Se subdivide en:
    - Transferencia de funciones
    - Transferencia de funciones de meta-análisis
    - Transferencia de beneficios estructural o calibración de preferencias

Para este caso, se usó el método de Transferencia de valor unitario ajustado, el cual consiste en tomar el valor original de un estudio realizándole ciertos ajustes con el fin de tener en cuenta las diferencias de los factores socio-económicos de los sitios de estudio y de política (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b). En particular, se ajustaron los valores de los estudios de acuerdo a 3 parámetros: tasa de cambio, paridad de poder de compra (PPC), e inflación. El primer ajuste corresponde a llevar todos los valores de los sitios de estudio a la moneda del sitio de política, utilizando la tasa de cambio del año de referencia. El segundo ajuste corresponde al ajuste por

paridad de poder de compra (PPC). Este ajuste es aplicable en los casos en los que se ocupen estudios de diferentes países ya que en cada país la capacidad de compra es distinta (i.e. con un dólar en un país no necesariamente se puede comprar lo mismo que en otro país). Por lo tanto, para poder comparar el poder adquisitivo de una moneda en dos países distintos se requiere ajustar el valor mediante el tipo de cambio PPC. Por último, se realiza un ajuste por la inflación del periodo para llevar todos los valores a su valor correspondiente al año actual. En la práctica, para el presente ejercicio, el valor en pesos del año de referencia se deja en valor en UF considerando el valor de la UF de dicho año, por lo que la inflación se considera dentro de la evolución del valor de la UF. El proceso de ajustes para aplicar el método de transferencia de valor unitario ajustado que se acaba de describir se esquematiza en la Figura 7-1.

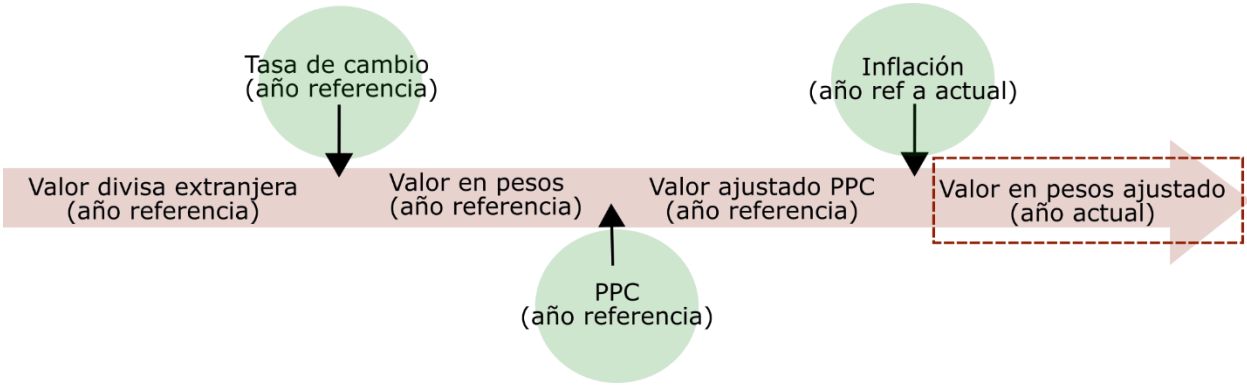


Figura 7-1 Metodología transferencia de beneficios

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7-6 muestra el resultado de la transferencia de beneficios para cada subselección de estudios analizados.

Tabla 7-6 Resultados transferencia de beneficios

Estudio	Valor reportado	Moneda	Valor en 2019 (UF)	Unidad
(Van Broeck et al., 2009)	137.28	EUR (2005)	2.31	$\frac{\text{UF}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
(Defra, 2004)	0.10 – 0.15	GBP (2003)	0.0024 – 0.0036	$\frac{\text{UF}}{\text{Días sin olor} - vivienda - año}$
(Beloff et al., 2000)	425.00	USD (2000)	3.91	$\frac{\text{UF}}{\text{vivienda} - \text{año}}$
(Lareau & Rae, 1989)	75.00	USD (1989)	1.09	$\frac{\text{UF}}{\text{vivienda} - \text{año}}$

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se decide no utilizar el valor proveniente del estudio realizado por Defra (2004) ya que si bien sería posible estimar en el presente análisis, en base a los resultados de la modelación, los días sin olor que cada vivienda/habitante podría aumentar en un escenario

normativo en comparación a la línea base, la consideración de “sin olor” por convención corresponde a valores menores a una unidad de olor, lo que reduciría al mínimo el número de viviendas que podría llegar a dicho valor en los escenarios normativos evaluados y que no cumplían con esta situación en el escenario de línea base. Además, si se utilizara este tipo de valoración, solo se tendría un estudio de referencia no permitiendo confirmar que el rango de magnitud de la valoración es coincidente con otros, cuestión que si es posible de afirmar comparando los resultados de los otros tres estudios presentados en la Tabla 7-6.

Tomando en consideración los valores asociados a los estudios de (Van Broeck et al., 2009), (Beloff et al., 2000) y (Lareau & Rae, 1989) y resaltando que estos valores, que si bien provienen de diferentes realidades, estos se encuentran dentro de un mismo rango de magnitud lo que da confiabilidad al valor propuesto, se recomienda utilizar un valor promedio entre estos tres resultados, es decir 2.44 UF por vivienda – año.

Considerando un promedio nacional de 2.7 hab/vivienda (INE, 2017), el valor de DAP por disminuir el nivel de olor percibido que se utiliza en el análisis de este documento es igual a 0.9 UF/hab-año.

Cabe destacar que cada uno de los tres estudios que se utiliza para asignar una valoración a la disminución del olor percibido por la población, si bien presenta un valor por vivienda-año que es coincidente entre los tres, la magnitud de la reducción del olor para obtener dicho valor es distinta para cada uno de los estudios. En el caso de (Van Broeck et al., 2009), la valorización corresponde a la reducción en un 80% del nivel de olor. Por su parte, en (Beloff et al., 2000), la valorización responde al costo de atención médica, la asistencia legal por reclamos a empresas emisoras y otros costos que incurren las personas para reducir el olor en el hogar, y por ende, no está asignada a ninguna reducción de olor especifica. Por último, la valorización obtenida en (Lareau & Rae, 1989) corresponde a simplemente una reducción del olor proveniente del diésel en general, es decir, tampoco responde a una magnitud de reducción del olor en particular. Debido a las características de las DAP identificadas de estos estudios, y con el objetivo de incorporar la magnitud de la reducción de olor, es que se toma como referencia la reducción de olor de un 80% de (Van Broeck et al., 2009) y a esta se le asigna el valor de DAP por disminuir el nivel de olor percibido que se utiliza en el análisis de este documento es igual a 0.9 UF/hab-año, creando así una relación lineal entre porcentaje de reducción de olor y valor de DAP.

Adicionalmente se incorpora en la evaluación los siguientes cobeneficios:

- Beneficios por reducción en la concentración de $MP_{2.5}$
- Beneficios por la generación de energía a partir del biogás generado y la consecuente disminución de emisiones GEI

La metodología de cómo se incorporan estos cobeneficios se presenta en las secciones a continuación.

7.2.1 Cobeneficio de reducción de la concentración de $MP_{2.5}$

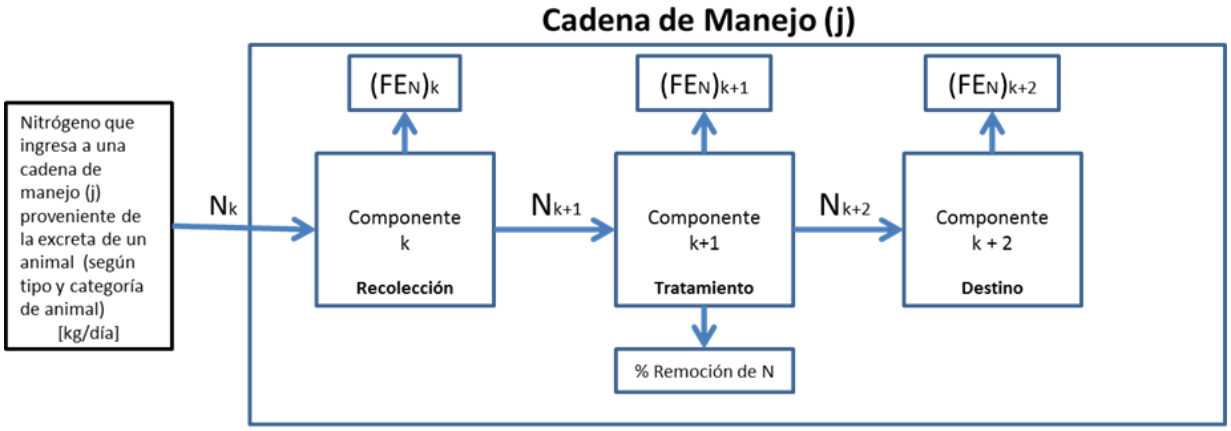
Los beneficios por reducción en la concentración de $MP_{2.5}$ se cuantifican por medio de la estimación de las emisiones de amoniaco "evitadas" en los escenarios regulatorios. El amoniaco es un precursor del $MP_{2.5}$, por lo cual evitar que se emita amoniaco, resulta en reducción de emisiones de $MP_{2.5}$, lo cual tendrá un efecto sobre la concentración de $MP_{2.5}$ en la atmósfera.

El amoniaco (NH_3) se produce como consecuencia de la actividad bacteriana sobre sustratos con nitrógeno orgánico. Los animales consumen una alta cantidad de proteínas y otras sustancias que contienen nitrógeno, en su alimento normal.

La remoción de nitrógeno ocurre por la transformación del compuesto con nitrógeno a otro componente no amoniacal (i.e. N_2). Esta transformación puede ocurrir por diversos procesos biológicos o químicos con intermediarios enzimáticos y/o microbiológicos. Las medidas de reducción de amoniaco que tiene un efecto de retención, simplemente evitan la liberación del amoniaco volatilizado, manteniendo dicho amoniaco en el flujo del purín.

La Figura 7-2 presenta el modelo conceptual, del flujo del nitrógeno en el plantel.

Figura 7-2 Modelo conceptual de emisión y remoción de amoniaco



$N_{k+1} = N_k - \text{Lo emitido}_k$

$N_{k+2} = N_{k+1} - \text{Lo emitido}_{k+1} - \text{Lo removido}$

$\text{Lo emitido}_{k/k+1} = (FE_N)_{k/k+1} \times N_{k/k+1}$

$\text{Lo removido} = (N_{k+1} - \text{Lo emitido}_{k+1}) \times (1 - \%\ \text{Remoción de N})$

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver de lo planteado la emisión de amoniaco en la cadena de manejo del purín tiene una conceptualización diferente a las emisiones de olor. La emisión de amoniaco en cada etapa dependerá del flujo de nitrógeno que queda en el purín (N_{k+1}), por lo cual, luego de que

una etapa emite amoniaco, quedará menos nitrógeno disponible en el flujo y esto afectará la reducción de la etapa siguiente. Esto es relevante ya que, planteles que cuenten con sistemas de cubiertas tendrán una acción de retención de nitrógeno en el flujo, lo cual implica que las etapas siguientes tengan mayor concentración de nitrógeno disponible para su emisión, retención o remoción.

Las emisiones de amoniaco se estiman siguiendo la conceptualización mencionada y los factores de emisión de la Tabla 7-7.

Tabla 7-7 Factores utilizados para la estimación de la emisión de amoniaco en planteles porcinos

Dato	Detalle	Factor de emisión	Unidad de medida	Fuente
Emisiones de amoniaco	Cama caliente	4.66[a]	Kg NH_3/animal-año	(European Commission, 2015)
	Instalación Slat-Pit	2.53[a]	Kg NH_3/animal-año	(EPA, 2001)
	Instalación Slat-Flush	2.13[a]	Kg NH_3/animal-año	
	Laguna anaeróbica	40%	Porcentaje de NH_3 volatilizado[b]	(IPCC, 2006)
	Pozo	25%		(European Commission, 2015)
Tasa de excreción de nitrógeno	Cerdo de engorda	9.8	kg N/cerdo crianza/año	(EPA, 2004)
	Cerdo de reproductora	18.4	kg N/cerdo crianza/año	

[a]Valores promedio
[b]Este porcentaje refleja el nitrógeno del flujo que se volatiliza como amoniaco
Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de línea base se estima primero la tasa anual de excreción de amoniaco por categoría de animal (engorda o reproductora). Las etapas que se están evaluando actualmente son:

- Pabellón
- Pozo de homogenización
- Laguna/tratamiento

Así, para estimar el amoniaco emitido en cada etapa se sigue la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ excretado_{por\ plantel} = Total\ animales_{reproductora} \times 18.4\,\frac{kgN}{año} + Total\ animales_{engorda} \times 9.8\,\frac{kgN}{año}}$$

De este nitrógeno inicial, se utilizan los factores de emisión de la Tabla 7-7 para estimar cuánto se emitirá en la etapa de pabellón, el flujo de nitrógeno queda como se indica a continuación.

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón}} = \boldsymbol{Nitrógeno\ excretado - amoniaco\ emitido_{\ en\ pabellón}}$$

Luego, el nitrógeno resultante entra al pozo de homogenización, donde se libera un 25% como amoniaco (ver Tabla 7-7) si es que el pozo no está cubierto.

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} = \boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón} - amoniaco\ emitido_{en\ pozo}}$$

De igual manera, para calcular el amoniaco que entra a la etapa laguna o tratamiento, se debe considerar cuánto nitrógeno quedó en el flujo, luego de las emisiones del pozo. Así también, en el caso de que exista un tratamiento, ocurrirá remoción de nitrógeno.

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-trat/laguna}} = \boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} - (\boldsymbol{amoniaco\ emitido_{en\ laguna}/amoniaco\ removido_{en\ tratamiento}})$$

La Tabla 7-8 presenta las medidas de reducción de olor analizadas en el informe y sus reducciones de amoniaco esperadas.

Tabla 7-8 Reducción de emisiones de amoniaco asociada a las medidas de reducción de olores

Medida	Porcentaje de reducción de amoniaco	Detalle	Fuente
Biodigestor	13%	Porcentaje de NKT removida[a]	ASPROCER 2008
Cubierta rígida en pozo	52%	La emisión de amoniaco disminuye de un 25% a un 13%, generando una reducción de un 52% en las emisiones	(European Commission, 2015)
Cubierta flotante en laguna	70%		
Biofiltro	80%		
Túnel	No genera modificación en las emisiones de amoniaco[b]		

[a]NTK: Nitrógeno total Kjeldahl (se refiere al método de análisis), indica la remoción de nitrógeno del flujo

[b]El sistema túnel tiene una reducción de olor asociada a la concentración del flujo de olor y su liberación por medio de una chimenea a alturas mayores que el plantel, por lo cual se modifica la percepción de olor de los receptores cercanos ya que se logra una modificación en la dispersión de la pluma de olor. Para amoniaco, sin embargo, esta modificación no genera ninguna alteración en las emisiones de amoniaco, si bien se modifica su pluma de dispersión, la cantidad emitida es la misma

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, si tomamos un plantel con 30,000 animales (3,000 reproductora y 27,000 engorda), que cuenta con pabellón tipo slat-pit, pozo de homogenización descubierto y laguna con cubierta flotante, se estimará la línea base de emisiones según las siguientes ecuaciones.

1. Calcular cuánto nitrógeno excretan los animales en el año

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ excretado} = \mathbf{3,000} \times 18.4\frac{kgN}{\text{año}} + \mathbf{27,000} \times 9.8\frac{kgN}{\text{año}} = \mathbf{319,800}\ \frac{kgN}{\text{año}}$$

2. Calcular el amoniaco emitido en la etapa de pabellón

$$\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{pabellón}} = \mathbf{2.53}\frac{kgNH_3}{animal - \text{año}} * \mathbf{30,000}\ \boldsymbol{animales} = \mathbf{75,900}\frac{kgNH_3}{\text{año}}$$

3. Calcular el nitrógeno que queda en el flujo luego de las emisiones en la etapa de pabellón

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón}} = \mathbf{319,800}\ \frac{\boldsymbol{kgN}}{\boldsymbol{\text{año}}} - \mathbf{75,900}\frac{kgNH_3}{\text{año}} = \mathbf{243,900}\frac{kgN}{\text{año}}$$

4. Calcular el amoniaco emitido en el pozo

$$\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{pozo}} = \boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón}} \times \mathbf{25\%} = \mathbf{60,975}\frac{kgNH_3}{\text{año}}$$

5. Calcular el nitrógeno que queda en el flujo luego de las emisiones en pozo

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} = \mathbf{243,900}\frac{\boldsymbol{kgN}}{\boldsymbol{\text{año}}} - \mathbf{60,975}\frac{kgNH_3}{\text{año}} = \mathbf{182,925}\frac{kgN}{\text{año}}$$

6. Calcular el amoniaco emitido en la laguna considerando las reducciones de esta emisión por la cubierta flotante

$$\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{laguna}} = \left(\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} \times \mathbf{40\%}\right) \times (\mathbf{1} - \%\ \boldsymbol{retenido\ por\ cubierta\ flotante}) = \mathbf{21,951}\frac{kgNH_3}{\text{año}}$$

7. Calcular el amoniaco total emitido por el plantel

$$\boldsymbol{Amoniaco\ total\ emitido} = \mathbf{75,900} + \mathbf{60,975} + \mathbf{21,951} = \mathbf{158,826}\frac{\boldsymbol{kgNH_3}}{\boldsymbol{\text{año}}}$$

Como parte de las exigencias de la regulación de olores se deben tapar los pozos de homogenización, por lo cual se modifica la línea base para calcular las emisiones al tapar el pozo de homogenización.

1. El nitrógeno excretado es en mismo y las emisiones en pabellón se mantienen igual

$$\boldsymbol{N}itrógeno\ excretado = \mathbf{319,800}\ \frac{kgN}{año}$$

$$\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{pabellón}} = \mathbf{75,900}\frac{kgNH_3}{año}$$

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón}} = \mathbf{243,900}\frac{kgN}{año}$$

2. Calcular el amoniaco emitido en el pozo

$$\begin{aligned}\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{pozo}} &= (\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pabellón}} \times \mathbf{25}\%) \\ &\times (\mathbf{1} - \%\boldsymbol{amoniaco\ retenido\ por\ la\ cubierta}) = \mathbf{60,975} \times \mathbf{48}\% \\ &= \mathbf{29,268}\frac{kgNH_3}{año}\end{aligned}$$

3. Calcular el nitrógeno que queda en el flujo luego de las emisiones en pozo – al retener parte de las emisiones de amoniaco del pozo (por la cubierta), queda más nitrógeno en el flujo

$$\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} = \mathbf{243,900}\frac{\boldsymbol{kgN}}{\boldsymbol{año}} - \mathbf{29,268}\frac{kgNH_3}{año} = \mathbf{214,632}\frac{kgN}{año}$$

4. Calcular el amoniaco emitido en la laguna considerando las reducciones de esta emisión por la cubierta flotante – al haber más nitrógeno en el flujo, la laguna emite más (aunque este tapada)

$$\begin{aligned}\boldsymbol{Amoniaco\ emitido_{laguna}} &= \left(\boldsymbol{Nitrógeno\ en\ flujo_{post-pozo}} \times \mathbf{40}\%\right) \\ &\times (\mathbf{1} - \%\ \boldsymbol{retenido\ por\ cubierta\ flotante}) = \mathbf{25,756}\frac{kgNH_3}{año}\end{aligned}$$

5. Calcular el amoniaco total emitido por el plantel para este escenario

$$\boldsymbol{Amoniaco\ total\ emitido} = \mathbf{75,900} + \mathbf{29,268} + \mathbf{25,756} = \mathbf{130,924}\frac{\boldsymbol{kgN}H_3}{\boldsymbol{año}}$$

Por lo tanto, para este caso, el delta de emisiones del plantel entre el escenario de línea base y el escenario de tapar el pozo es de un 17.6%. Esta reducción es bastante elevada considerando que sólo se tapó el pozo, sin embargo, se debe tener en cuenta que, como la laguna ya se encontraba tapada, las emisiones del pozo tomaban mayor importancia (incluso son mayores a las emisiones de la laguna).

Una situación similar ocurriría al implementar tecnologías de reducción de emisiones en otras etapas, yales como biodigestor en laguna o biofiltro en pabellón, aplicando las eficiencias de reducción presentadas en la Tabla 7-8. Si se implementa un biodigestor, se modificaría la ecuación 4 de cálculo de las emisiones en laguna. Si se implementa biofiltro en pabellón se modifican las emisiones calculadas en la ecuación 2 y 3, ya que se modifica la emisión de amoniaco en pabellón, pero también se modifica el nitrógeno restante en el flujo luego de la etapa de pabellón.

Una vez que se estima el cambio en la emisión de amoniaco para el escenario regulatorio, versus la línea base o versus el escenario regulatorio anterior evaluado, se obtiene un valor de emisiones de amoniaco "evitadas" (se retuvieron en el flujo en vez de que se volatilizaran en la atmósfera).

A partir de este valor, y utilizando un factor de emisión-concentración (FEC) igual a 0.0000927 (ug/m3 MP2.5)/(ton amoniaco) (Rizzi & De La Maza, 2017), se obtiene el cambio en concentración de MP2.5 asociado a la reducción de emisiones de amoniaco. Luego, considerando tasas de mortalidad comunal del DEIS para el año 2017, Población CENSO 2017 según comuna en que se ubica el plantel, Valor de la Vida Estadística igual a 16700UF (correspondiente a aquel que utilizó el AGIES de Quintero Puchuncavi) y coeficiente de riesgo unitario de Lepeule et al. (2012) (mayores de 25 años, todas las causas), se valoriza el beneficio social que implica la mejora en salud producto de la disminución de mortalidad asociada a una disminución en la concentración de MP2.5.

7.2.2 Cobeneficio asociado al biogás generado por la implementación de un Biodigestor

En los planteles a los cuales se instala un biodigestor como medida de reducción de olores para cumplir con el escenario normativo aplicable, se obtienen cobeneficios asociados a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) por dos caminos independientes:

- El biogás generado en el biodigestor, es utilizado para la generación de energía – esto permite utilizr esta energía autogenerada, en vez de obtener energía de la matriz eléctrica chilena o en su defecto, incorporar esta energía a la matriz eléctrica. Se obtiene un ahorro de emisiones de CO_2e por no utilizar la matriz.
- La composición de biogás es, en gran parte, metano, por lo cual se evita la liberación de dicho metano. El metano se puede llevar a emisiones de CO_2e con su potencial de calentamiento global

Para la estimación de estos beneficios se debe llegar a una tasa de generación de biogás. Esta se estima a partir de la excreta de purín de los animales, ya que el biogás se obtiene de la acción biológica de las bacterias presentes en el biodigestor, que toman los sólidos volátiles y a medida que los remueven del flujo, van liberando este biogás (compuestos por diversos componentes volátiles, entre ellos metano).

A continuación se presentan los supuestos utilizados para la estimación de la generación de biogás en un biodigestor y cuánto de ese biogás corresponde a metano.

Tabla 7-9 Supuestos utilizados para la estimación de generación de biogás en biodigestores

Tema		Valor	Unidad
Tasa de generación de excretas por categoría de cerdo	Maternidad	5.51	m^3/año
	Gestación	1.53	
	Recría	0.66	
	Engorda	1.57	
Porcentaje de sólidos totales (ST) en el purín		9%	
Porcentaje de sólidos volátiles (SV) en el purín		80%	
Tasa de generación de biogás por tonelada de sólidos volátiles disueltos (tSV)		200	m^3/tSV removida
Porcentaje de metano en el biogás		60%	
Densidad del metano		0.656	Kg/m^3

Fuente: Programa PYME Porcina 2019

La estimación de la generación de energía a partir del biogás comienza calculando la cantidad de biogás a generar por el plantel, siguiendo la ecuación a continuación.

$$\boldsymbol{m^3 de\ biogás_{plantel}} = (\boldsymbol{Tasa\ excreción_{categoría\ de\ animal}} \times \boldsymbol{número\ de\ animales_{categoría}})\frac{\boldsymbol{m^3}}{\text{año}} \times \%\boldsymbol{ST} \times \%\boldsymbol{SV} \times \boldsymbol{Tasa\ de\ generación\ de\ biogás\ por\ tSV}\ \frac{\boldsymbol{m^3}}{\boldsymbol{tSV\ rem}}$$

El biogás se valoriza en cuanto a su potencial de generación de energía, y se estima que esta generación de energía evitará la emisión de CO_2e correspondiente a la misma energía obtenida de la red eléctrica, en la Tabla 7-10 se presentan los parámetros a utilizar para la valorización del biogás en cuanto a generación de energía.

Adicionalmente, la operación de un biodigestor evita que se emita metano en la atmósfera, el metano es un gas de efecto invernadero, por lo cual se puede calcular su equivalente en emisiones de CO_2e, utilizando su potencial de calentamiento global (ver Tabla 7-10).

Las toneladas de emisiones GEI en tonCO2e generadas por ambos caminos (i.e generación eléctrica y emisiones de metano evitadas), se valorizan por medio del precio social del carbono entregado por el Ministerio de Desarrollo Social (2018).

Tabla 7-10 Supuestos utilizados para la valorización de cobeneficios por generación de biogás

Tema	Valor	Unidad	Fuente
Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), promedio para el 2018	0.4187	tCO_2e/ MWh	(Ministerio de Energía, 2019)
Precio social del carbono	32.5	USD/ton CO_2	(Ministerio de Desarrollo Social, 2018)
Potencial de calentamiento global del carbono	28	tCO_2e/tCH_4	(IPCC, 2013)
Generación de energía por m3 de biogas	2.04	kWh/m^3	(Centro UC Cambio Global, 2014)

Fuente: Elaboración propia

Así, la estimación de las emisiones de CO_2e que se evitarán por generación de biogás en biodigestores se calculará siguiendo la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{emisiones\ de\ CO_2e_{evitadas}} = \boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ no\ uso\ de\ matriz\ eléctrica}} + \boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ metano\ retenido}}$$

En donde

$$\boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ no\ uso\ de\ matriz\ eléctrica}} = (\boldsymbol{m^3 de\ biogás} \times \boldsymbol{energía\ a\ obtener\ por\ biogás}\ \frac{\boldsymbol{kWh}}{\boldsymbol{m^3}}) \times \boldsymbol{FE_{SEN}}\ \frac{tCO_2e}{kWh}$$

$$\boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ metano\ retenido}} = (\boldsymbol{m^3 de\ biogás} \times \%\ \boldsymbol{del\ biogás\ que\ es\ metano}) \times \boldsymbol{densidad\ del\ metano}\ \frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}} \times \boldsymbol{potencial\ de\ calentamiento\ global\ del\ metano}\ \frac{\boldsymbol{tCO_2e}}{\boldsymbol{tCH_4}}$$

Así, los beneficios asociados a la generación de biogás en un biodigestor, se estiman con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Beneficio\ por\ reducción\ de\ emisiones\ de\ CO_2e_{evitadas}} = \left(\boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ no\ uso\ de\ matriz\ eléctrica}} + \boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ metano\ retenido}}\right) \times \boldsymbol{Precio\ social\ del\ carbono}\ \frac{\boldsymbol{USD}}{tCO_2e}$$

Por ejemplo, si tomamos el mismo plantel ejemplo de la Sección 7.2.1, con 30,000 animales (3,000 reproductora y 27,000 engorda), que cuenta con pabellón tipo slat-pit, pozo de homogenización descubierto y laguna con cubierta flotante, que debe implementar un

biodigestor en la laguna, se realizan los siguientes cálculos para estimar los beneficios por generación de biogás. Se asume que los animales de reproductora son madres.

1. Calcular producción de biogás del plantel

$$\boldsymbol{m^3 de\ biogás_{plantel}} = (\mathbf{5.51 \times 3{,}000 + 1.57 \times 27{,}000})\frac{\boldsymbol{m^3}}{\boldsymbol{año}} \times \mathbf{9\% \times 80\%} \times \mathbf{200}\ \frac{\boldsymbol{m^3}}{\boldsymbol{tSV\ rem}} = \mathbf{848{,}448}\ \boldsymbol{m^3}$$

2. Calcular las emisiones de CO_2e por generación de energía

$$\boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ no\ uso\ de\ matriz\ eléctrica}} = (\boldsymbol{m^3 de\ biogás} \times \mathbf{2.04}\ \frac{\boldsymbol{kWh}}{\boldsymbol{m^3}}) \times \mathbf{0.4187}\frac{\boldsymbol{tCO_2e}}{\boldsymbol{MWh}} \times \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1{,}000}}\frac{\boldsymbol{MWh}}{\boldsymbol{kWh}} = \mathbf{724.7\ t}\boldsymbol{CO_2e}$$

3. Calcular las emisiones de CO_2e por retención de metano

$$\boldsymbol{CO_2e_{evitado\ por\ metano\ retenido}} = (\boldsymbol{m^3 de\ biogás} \times \mathbf{60\%}\ ) \times \mathbf{0.656}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}} \times \mathbf{28}\frac{\boldsymbol{tCO_2e}}{\boldsymbol{tCH_4}} = \mathbf{9{,}351}\boldsymbol{tCO_2e}$$

4. Calcular el beneficio total

$$\boldsymbol{Beneficio\ por\ reducción\ de\ emisiones\ de\ CO_2e_{evitadas}} = (\mathbf{724.7\ t}\boldsymbol{CO_2e} + \mathbf{9{,}351}\boldsymbol{tCO_2e}) \times \mathbf{32.5}\frac{\boldsymbol{USD}}{tCO_2e} = \mathbf{327{,}448}\ \boldsymbol{USD}$$

7.3 Análisis de costos para los planteles porcinos que aplique la norma

En el desarrollo del presente capítulo se busca identificar los costos que significará, para los planteles, el establecimiento de los diferentes escenarios de normativa de olores. Esto incluirá todos los gastos en los que deberá incurrir un plantel porcino para dar cumplimiento a todas las exigencias desprendidas de cada escenario regulatorio a evaluar. Este análisis permitirá evaluar la factibilidad de cumplimiento de los planteles a la normativa y comparar los diferentes escenarios a evaluar según el costo que implicará para cada plantel.

Para la estimación de costos se llevarán a cabo las siguientes actividades:

1. Presentación de los escenarios normativos a evaluar
2. Alternativas de cumplimiento según características del plantel

3. Estimación de costos de implementación de medidas
4. Estimación de costos adicionales
5. Estimación de costos totales por características de plantel (Sección 7.4)

La propuesta normativa a evaluar consiste en una norma de olores que establece tres tipos de exigencias, las que se presentan en la Tabla 7-11.

Tabla 7-11 Exigencias a los planteles asociada a la propuesta de norma de olores

Tamaño de plantel	Exigencia	Excepciones
Grandes	5 ou_E/m^3 en receptor, percentil 98 7 ou_E/m^3 en receptor, percentil 98 Implementar tecnologías que permitan una eficiencia de reducción de olor de al menos 70% de olor a partir de la condición sin uso de éstas en laguna	No hay exclusiones
Medianos	Implementar tecnologías que permitan una eficiencia de reducción de olor de al menos 70% de olor a partir de la condición sin uso de éstas en laguna	Se excluirán de la exigencia aquellos que cuentan con sistema de pabellón del tipo camas calientes y aquellos planteles que cuenten con tratamiento secundario de purín, tales como biodigestores, biofiltros, lombrifiltros, tratamiento aerobio o lodo activado
Pequeños	Implementar coberturas o tecnologías que permitan una eficiencia de reducción de olor de al menos 70% de olor a partir de la condición sin uso de éstas en laguna	

Fuente: Anteproyecto Norma de Olores

Para dar cumplimiento a las exigencias establecidas en la Tabla 7-11, los planteles deberán implementar diferentes medidas de reducción de emisiones, según sus características de tamaño o cadena de manejo.

La Tabla 7-12 presenta las opciones de medidas de reducción de olores, con sus respectivos costos.

Tabla 7-12 Eficiencia y costos de medidas de reducción de olores analizadas

Nombre medida			Eficiencia de reducción olor	Moneda original	Costo de inversión	Métrica costo de inversión	Costo de operación	Métrica costo de operación	Año de referencia[a]	Fuente
Sistema de limpieza en pabellón	Sistema de limpieza - Rastra		20 a 30%	USD	0.41	UF/cerdo	S.I		2018	(Agrícola Súper Ltda, 2018)
			20 a 30%	USD	0.58	UF/m^2	S.I		2018	
	Sistema Túnel		33 a 82%	USD	0.45	UF/cerdo	S.I		2018	
			33 a 82%	USD	0.64	UF/m^2	S.I		2018	
Cubierta flexible	Carpa	500 m^3	S.I	Euro (€)	3.29	UF/m^2	0.12	UF/m^3/año	2011	(European Commission, 2017a)
		1,000 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.09	UF/m^3/año	2011	
		3,000 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.07	UF/m^3/año	2011	
		5,000 m^3	S.I	Euro (€)	1.51	UF/m^2	0.06	UF/m^3/año	2011	
	Geotextil		50 a 90%	Euro (€)	0.04 a 0.07	UF/m^2	S.I		2008	(Generalitat Valenciana, 2008)
	Tejida		50 a 90%	Euro (€)	0.027 a 0.030	UF/m^2	S.I		2008	
	Ensilado		50 a 90%	Euro (€)	0.005 a 0.007	UF/m^2	S.I		2008	
Sistema de limpieza en pabellón	Sistema de limpieza - Rastra		20 a 30%	USD	0.41	UF/cerdo	S.I		2018	(Agrícola Súper Ltda, 2018)
			20 a 30%	USD	0.58	UF/m^2	S.I		2018	
	Sistema Túnel		33 a 82%	USD	0.45	UF/cerdo	S.I		2018	
			33 a 82%	USD	0.64	UF/m^2	S.I		2018	
Cubierta rígida	Cobertura rígida		80 a 90%	Euro (€)	0.27	UF/ton cerdo producida	S.I		2017	(European Commission, 2017a)
	Cubierta de concreto	500 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.09	UF/m^3/año	2011	
		1,000 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.08	UF/m^3/año	2011	
		3,000 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.06	UF/m^3/año	2011	
		5,000 m^3	S.I	Euro (€)	S.I		0.06	UF/m^3/año	2011	
Cubierta flotante	Baldosas geométricas de plástico		80 a 96%	Euro (€)	1.09 a 1.24	UF/m^2	S.I		2010	(European Commission, 2017a)
	Baldosas geométricas de plástico con carbón activado		mayor a 94%	Euro (€)	3.83	UF/m^2	S.I		2010	
	Cubierta flexible	500 m^3	hasta 90%	Euro (€)	1.12	UF/m^2	0.09	UF/m^3/año	2011	
		1,000 m^3	hasta 90%	Euro (€)	S.I		0.07	UF/m^3/año	2011	
		3,000 m^3	hasta 90%	Euro (€)	S.I		0.05	UF/m^3/año	2011	
		5,000 m^3	hasta 90%	Euro (€)	0.53	UF/m^2	0.05	UF/m^3/año	2011	
	Baldosa plástica	500 m^3	80 a 96%	Euro (€)	1.30	UF/m^2	0.08	UF/m^3/año	2011	
		1,000 m^3	80 a 96%	Euro (€)	S.I		0.07	UF/m^3/año	2011	
		3,000 m^3	80 a 96%	Euro (€)	S.I		0.06	UF/m^3/año	2011	

	geométrica	5,000 m³	80 a 96%	Euro (€)	1.30	UF/m²	0.05	UF/m³/año	2011	
	Material abultado liviano	500 m³	S.I	Euro (€)	0.34	UF/m²	0.07	UF/m³/año	2011	
		1,000 m³	S.I	Euro (€)	S.I		0.06	UF/m³/año	2011	
		3,000 m³	S.I	Euro (€)	S.I		0.05	UF/m³/año	2011	
		5,000 m³	S.I	Euro (€)	0.25	UF/m²	0.04	UF/m³/año	2011	
	Paja	500 m³	40 a 90%	Euro (€)	S.I		0.07	UF/m³/año	2011	
		1,000 m³	40 a 90%	Euro (€)	S.I		0.06	UF/m³/año	2011	
		3,000 m³	40 a 90%	Euro (€)	S.I		0.05	UF/m³/año	2011	
		5,000 m³	40 a 90%	Euro (€)	S.I		0.04	UF/m³/año	2011	
	Cubierta flotante - LECA		0.90	Euro (€)	0.05	UF/m³	S.I		2010	
	Cubierta flexible flaguna		S.I	Euro (€)	0.38	UF/m²	0.04	UF/m³/año	2011	
	Cubierta para laguna anaerobica		44 a 82%	USD	0.59	UF/m³	S.I		2018	(Agrícola Súper Ltda, 2018)
	Discos plasticos		S.I	UF	0.47	UF/m²	S.I		2018	Cotización 2018
Cobertura flexible	Cubierta geotextil		50 a 90%	Euro (€)	0.05 a 0.09	UF/m²	S.I		2008	(Generalitat Valenciana, 2008)
	Cubierta tejida		50 a 90%	Euro (€)	0.03 a 0.04	UF/m²	S.I		2008	
	Cubierta de ensilado		50 a 90%	Euro (€)	0.006 a 0.008	UF/m²	S.I		2008	
Biofiltro o Scrubber en pabellón	Biofiltro Biológico		desde 90%	Euro (€)	1.80 a 1.99	UF/cerdo	0.31 a 0.37	UF/cerdo/año	2010	(German Partnership for Sustainable Mobility, 2010)
	En salida pozos purineros	Biofiltro	desde 90%	USD	S.I		82.49 a 164.99	UF/año	2019	(BIOTEG, 2019)
		Filtro carbón Activo	desde 90%	USD	S.I		37.71 a 75.42	UF/año	2019	
	Biofiltro		84 a 97%	Euro (€)	1.58 a 1.71	UF/cerdo	0.14 a 0.17	UF/cerdo/año	2019	(European Commission, 2017a)
	Biotrickling/ Bioscrubbers		45 a 76%	Euro (€)	1.21 a 1.52	UF/cerdo	0.30 a 0.36	UF/cerdo/año	2012	(Melse et al, 2010)
	3,000 cerdos de engorda 255,000 m³/h		40 a 77%	Euro (€)	1.90 a 2.02	UF/cerdo	0.31 a 0.37	UF/cerdo/año	2010	(European Commission, 2017a)
	4,200 cerdos de engorda		40 a 77%	Euro (€)	1.56	UF/cerdo	0.37	UF/cerdo/año	2010	

Tratamiento secundario - biodigestor	Biodigestor anaeróbico con producción de gas	0.80	Euro (€)	109.95	UF/animal place	1.24	UF/animal place	2010	(European Commission, 2017a)
	Digestión anaerobia o biometanización (Biodigestor)	70 a 84%	USD	0.54	UF/cerdo	0.07	UF/cerdo/año	2019	(Generalitat Valenciana, 2008)
	Biodigestión fría	S.I	USD	15,085	UF	1,649.89	UF/año	2008	(ASPROCER, 2008)
	Biodigestión caliente	S.I	USD	5,893	UF	153.20	UF/año	2008	

Nota: debido a que este capítulo es de evaluación y análisis de costos, se incluyen sólo las medidas que tienen costos
Fuente: Elaboración propia a partir de (ASPROCER, 2008; Envirometrika, 2019; European Commission, 2017a)

De acuerdo a la información presentada en el Anteproyecto de Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos se establecen ciertos requisitos mínimos asociados al reporte y monitoreo de las medidas a implementar para dar cumplimiento a dicha norma. En el presente capítulo se analizan estos requisitos, de manera de poder estimar los costos asociados a cada escenario de exigencia.

Los posibles costos de seguimiento y monitoreo del cumplimiento de la normativa están asociados a la elaboración de un reporte inicial, un reporte de cumplimiento y un reporte de seguimiento, los que deben ser entregados a la Superintendencia del Medio Ambiente. El detalle de la información mínima que debe contener cada uno de ellos para los planteles afectos a las normas se presentan a continuación (Tabla 7-13).

Tabla 7-13 Información requerida por reporte de inicio, cumplimiento y/o seguimiento

Tipo de reporte	Contenidos mínimos	Descripción
Reporte de Inicio	Catastro de la Unidad Fiscalizable	Información relativa a cada unidad fiscalizable (fuente de emisión), incluyendo ubicación, normativas aplicables, historial de fiscalizaciones y procedimientos sancionatorios, etc.
	Catastro de receptores	Información relativa a todos los receptores ubicados dentro de un radio de 5 km del plantel.
	Descripción del POE	Descripción de los distintos procedimientos operacionales estandarizados, los que incluyen la limpieza de pabellones, el transporte del purín, guano y/o lodo, la operación y mantención de tecnologías y el volteo de la fracción sólida tratada mediante compostaje (si hubiera)
	Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias de Olor (PPCEO)	La información que se debe incluir es: ▪ Descripción de las situaciones de operación o funcionamiento anómalo de un proyecto o actividad y los fenómenos naturales que pueden afectar al normal funcionamiento del plantel. ▪ Identificación de las medidas a implementar, junto con la oportunidad o evento en que deben ser implementadas. ▪ Identificación de un contacto responsable titular y uno suplente. ▪ Descripción de un plan comunicacional a la comunidad a la que se informará en caso de ocurrir una emergencia.
Reporte de Cumplimiento	Cumplimiento de Límites de Emisión de Olor	Estudio de impacto de Olor. Esto incluye medición por olfatometría en las fuentes de emisión, modelación de dispersión de olor y un Plan de Gestión de Olores (PGO)
	Cumplimiento de Limite de Reducción de Olor en Fuentes	▪ Descripción de las tecnologías a utilizadas y demostración de eficiencia de reducción de olor a través de un indicador de cumplimiento medible y fiscalizable. ▪ La exigencia debe ser acreditada a través de una ficha técnica que indique a lo menos la descripción de la cobertura o tecnología, porcentaje de reducción de olor y condiciones operacionales que permitan su buen funcionamiento.
	Cumplimiento del POE	Demostrar cumplimiento del POE a través de registros de los planteles
	Cumplimiento de Requisitos de Infraestructura	Cumplimiento de infraestructura requerida asociada a la red de canales de conducción del purín, cubiertas en los pozos homogeneizadores, cobertizo y paredes en la etapa de separación sólido-liquido, transporte de guano y/o lodo, etc.
Reporte de Seguimiento	Cumplimiento de Límites de Emisión de Olor	Información asociada a la realización de un Estudio de impacto de Olor. Esto incluye medición por olfatometría en las fuentes de emisión, modelación de dispersión de olor y un Plan de Gestión de Olores (PGO)
	Cumplimiento del POE	Demostrar cumplimiento del POE a través de registros de los planteles
	Cumplimiento PPCEO	Entregar reporte de seguimiento solo en caso de la ocurrencia de una contingencia y/o emergencia.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar del análisis de los planteles caracterizado en la Sección 3.2 (Tabla 4-12), se deberán implementar medidas (ver Tabla 7-14) de reducción de emisiones de olor en diferentes planteles (puede que este número incluya planteles que deben implementar más de una medida). Para evaluar si los planteles deberán implementar medidas se consideran los siguientes criterios:

- Planteles pequeños
  - Todos los planteles que tengan pozo de homogenización sin cubierta deberán implementar una cubierta.
  - Todos los planteles que tengan una laguna deberán implementar una cubierta.
- Planteles medianos
  - Todos los planteles que tengan pozo de homogenización sin cubierta deberán implementar una cubierta.
  - Los planteles con laguna, que no cuenten con tratamiento secundario, deberán implementar tecnología con al menos un 70% de eficiencia de reducción de las emisiones de olor.
- Planteles grandes
  - Todos los planteles que tengan pozo de homogenización sin cubierta deberán implementar una cubierta.
  - Los planteles con laguna, que no cuenten con tratamiento secundario, deberán implementar tecnología con al menos un 70% de eficiencia de reducción de las emisiones de olor.
- Planteles sin información
  - Todos los planteles que tengan pozo de homogenización sin cubierta deberán implementar una cubierta.
  - Se asume que todos estos planteles son de tamaño pequeño, debido a que el número total de cerdos se acerca al número estimado por el censo agropecuario, por lo cual no deberían faltar muchos animales de los ya contabilizados.[24]
  - Todos los planteles que tengan una laguna deberán implementar una cubierta.

[24] La base de datos consolidada cuenta con información de 104 planteles, contabilizando un total de 2,865,066 cerdos. El censo agropecuario del 2019 estima que actualmente hay 2,657,055 cerdos en el país. El número de cerdos de la BD corresponde a un 107.8% de lo que se calcula en el censo agropecuario el 2019. Los planteles, para los cuales no se tiene información son 17, debido a que actualmente hay una sobreestimación del número de cerdos, se considera adecuado asumir que todos esos planteles son de tamaño pequeño.

Tabla 7-14 Planteles que deberán implementar medidas de reducción de emisiones

Exigencia	Medida a implementar	Tamaño de plantel	Número de planteles	
Medidas operacionales	Cubierta a pozo de homogenización	Pequeños	20	46
		Medianos	14	
		Grandes	3	
		S.I	9	
Reducción en laguna	Cubierta a laguna	Pequeños	29	46
		S.I	17	
	Tratamiento secundario	Medianos	13	14
		Grandes	1	

Fuente: Elaboración propia

Debido a la gran variedad de medidas de reducción de emisiones y fuentes de información para sus características de costos y eficiencias, se debe tomar la decisión de qué valores utilizar, de manera de realizar la estimación más realista posible, que se ajuste a la realidad nacional. Por este motivo, se decide utilizar el valor de biodigestor levantado por el programa PYME Porcina (2019) y los costos de cubiertas levantados de manera directa con proveedores o levantados por el estudio de Envirometrika (2019). Los costos a utilizar se presentan en la Tabla a continuación.

Tabla 7-15 Costos a utilizar para la estimación

Nombre medida	Costo de inversión	Costo de operación	Fuente
Cubierta flotante laguna	0.53 UF/m^2		Agrícola Super Ltda. 2018
Cubierta rígida pozo	0.077 UF/m^2		Cotización con proveedor
Biodigestor (sobre 20.000 cerdos)	0.50 UF/cerdo	0.05 UF/cerdo/año	Programa PYME Porcina, 2019
Sistema túnel en pabellón	0.45 UF/cerdo		Agrícola Super Ltda. 2018
Sistema biofiltro en planteles cerrados	1.76 UF/cerdo	0.31 UF/cerdo/año	(European Commission, 2017b)

Fuente: Elaboración propia

En general, el costo unitario de una operación depende de varios factores, estos varían según la operación/insumo de que se trate. Por ejemplo:

- El costo unitario del agua, requerida para el funcionamiento de un biofiltro, depende de la ubicación y de la estación de año: por ejemplo, si el agua costara $500 en Santiago en Invierno; cuesta $600 en verano; y en Valdivia cuesta $400 todo el año.
- El transporte, y por ende su costo, depende del acceso que exista a la zona afectada, en algunas zonas.
- El costo de laboratorio para el análisis de una muestra será mayor en zonas en donde no se cuente con los profesionales para dicho análisis.

Los principales factores que pueden incidir en los costos son:

- Disponibilidad temporal y geográfica del recurso/insumo

- Accesibilidad

Estos factores no se pueden generalizar, sino que se deben evaluar caso a caso para cada plantel. Si bien no se cuenta con información para la estimación de estos costos, se considera relevante identificarlos.

La Tabla 7-16 presenta la información relativa a los requerimientos asociados a cumplimiento y seguimiento de exigencias, según el tamaño del plantel. Se considera que el reporte de inicio debe ser realizado por todos los planteles, y este no genera costos adicionales ya que son horas hombre de la operatividad normal del plantel.

Tabla 7-16 Reportes a realizar en función de la exigencia y tamaño del plantel

Tamaño del plantel[25]	Exigencia	Requerimientos asociados a cumplimiento y seguimiento	Costos asociados para el plantel
Grande	Límite de emisión de olor	▪ Estudio de impacto de olor ▪ Reporte con información de Plan de Gestión de Olores (PGO)	Costos de elaboración de estudio de impacto de olor
	Limites reducción de emisiones de olor	▪ Reporte de cumplimiento y seguimiento del POE ▪ Reporte de cumplimiento de requisitos de infraestructura ▪ Reporte de cumplimiento de reducción de olor en fuentes	No hay costos adicionales. Se considera que son acciones relacionadas a la instalación de la medida y/o al seguimiento de su correcto funcionamiento
Mediano	Limites reducción de emisiones de olor	▪ Reporte de cumplimiento y seguimiento del POE a través de registros ▪ Reporte de cumplimiento de requisitos de infraestructura ▪ Reporte de cumplimiento de reducción de olor en fuentes	No hay costos adicionales. Se considera que son acciones relacionadas a la instalación de la medida y/o al seguimiento de su correcto funcionamiento
Pequeño	Limites reducción de emisiones de olor	▪ Reporte de cumplimiento y seguimiento del POE a través de registros ▪ Reporte de cumplimiento de requisitos de infraestructura ▪ Reporte de cumplimiento de reducción de olor en fuentes	No hay costos adicionales. Se considera que son acciones relacionadas a la instalación de la medida y/o al seguimiento de su correcto funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo presentado en la Tabla 7-16 los potenciales costos identificados están asociados al seguimiento interno e instalación de las distintas exigencias, por este motivo no se consideran como un costo adicional ya que están incluidos en los costos de implementación de normativa o

[25] Para todos los planteles se considera la realización de un Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias, solo en el caso de la ocurrencia de una deestas, el que debe ser incluido en el reporte de cumplimiento y/o seguimiento.

en los costos del correcto funcionamiento del plantel. Para el caso de la realización del estudio de impacto de olor por parte de los planteles grandes, sí es necesario incluir un costo adicional, el que es considerado dentro de los ítems de costos de cumplimientos de la normativa.

Para la medición de la concentración de olores se debe llevar a cabo un muestreo y olfatometría y estas actividades deben cumplir con las normas correspondientes. La Tabla 7-17 presenta los costos aproximados de las principales actividades requeridas para una fiscalización de cumplimiento por medio de mediciones de concentración. Si bien estas actividades ya están incluidas al momento de estimar los costos de un estudio de impacto de olor, es relevante identificar los costos unitarios de cada actividad, ya que el costo del estudio es para características específicas, las cuales pueden cambiar.

Tabla 7-17 Costos para los planteles asociados al cumplimiento de la normativa

Tipo	Ítem		Costo (sin IVA)[a]
Muestreo	Muestreo y olfatometría dinámica	Hasta 4 fuentes	16-20 UF/fuente
		Hasta 10 fuentes	10-13 UF/fuente
		Más de 10 fuentes	8-10 UF/fuente
		Panel en terreno[b] (NCh3533/1)	9 - 12 UF/ día
	Muestreo Difusa pasiva		> 20UF
			> 4.1 UF
			3-8 UF
	Muestreo Difusa activa		> 25UF
			> 4.5 UF
			3-8 UF
	Muestreo fuente puntual		> 25UF
			> 5UF
			3-8 UF
	Análisis muestra costo unitario		20-30 UF
			1.6 A 2 UF
			4 UF
	Análisis muestra costo unitario laboratorio móvil		1.6 A 2 UF + gastos
	Costo selección panelista		8 UF
			1 UF
			> 3 UF
Modelación	Modelación	Modelación según guía SEIA	80-150 UF
		Archivo WRF	50 UF
	Modelación 1 escenario c/meteorología	Incluye modelo de dispersión	> 160 UF
		20 Fuentes, 3 modelos	94 UF + 46 UF
		El costo adicional es por el modelo de dispersión	> 150 UF + > 85 UF
	Modelación 1 escenario s/meteorología	Incluye modelo de dispersión	> 100 UF
		20 Fuentes, 3 modelos	54 UF + 46 UF
		El costo adicional es por el modelo de dispersión	> 90 UF + > 85 UF
Estudios	Plan de gestión de olores	Simple, para presentación en DIA[c]	72 – 127 UF
	Estudio de impacto de olor	Caso particular de cotización plantel de 28,000 cerdos y 2,500 madres Incluye mediciones, modelación y plan de monitoreo	310 UF

[a] Los costos que estaban en CLP se llevaron a UF con el valor de 27,559 (enero 2019). En aquellos ítems que existe más de un valor, estos responden a diferentes cotizaciones que se obtuvieron.
[b] Este valor depende de los días de medición y de la ubicación del proyecto
[c] Este valor depende del caso y de la complejidad
Fuente: Elaboración propia en base a opinión experta y contacto con laboratorios

Se analiza un ejemplo de costos asociados a la normativa de olores con el Plantel PP-21 modelado. Este plantel es de tamaño grande, con alrededor de 50,000 animales, y su cadena de manejo es de tratamiento primario, con separación de sólidos y acumulación de la fracción líquida en 5 lagunas de acumulación.

El tamaño y tipo de tratamiento del plantel establece que deberá implementar una medida de tratamiento secundario (con una eficiencia de al menos un 70% de reducción de olor), por lo cual

se propone la implementación de un biodigestor antes de la disposición del purín líquido en las lagunas. De esta manera se desvía el purín crudo que antes iba a las lagunas de acumulación y este entra a un biodigestor y se reducirían de manera importante las emisiones de olores.

Como el costo unitario de implementación de un biodigestor está por número de animales, se debe calcular en base a la cantidad de animales. Adicionalmente, debido a que el plantel es grande y debe cumplir con la exigencia del límite de olor en el receptor, el plantel deberá realizar un estudio de impacto de olores. Se destaca que, según resultados de la modelación, este plantel al implementar el biodigestor, logra concentraciones bajo 5 ou_E/m^3 en todos los receptores, por lo cual no requiere implementar más medidas (ver Sección 6.3.2.9). La estimación del costo para el plantel PP-21 se presenta en la Tabla 7-18 (el plantel ya tiene el pozo con cubierta, por lo cual no se considera esta medida).

Tabla 7-18 Ejemplo de costos de cumplimiento de normativa

Ítem	Costo unitario	Detalles	Costo (sin IVA)
Tratamiento secundario - Biodigestor	Inversión: 0.50 UF/cerdo Operación: 0.05 UF/cerdo/año	Número de animales~50,000	Inversión: 25,180 UF Operación: 2,518 UF/año
Estudio de impacto de olor	310 UF		310 UF
	TOTAL	**Inversión: 25,490 UF** **Operación: 2,518 UF/año**	

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de costos de cada escenario se deben estimar los costos de cada plantel, para dar cumplimiento a las exigencias de cada escenario y luego sumarlos. Para esto se realizan supuestos adicionales para completar la base de datos de planteles porcinos, de manera de no subestimar costos. Para esto se aplican los supuestos presentados en la Sección 7.6.1.1, donde los más relevantes son que se asume que todos los planteles sin información de número de animales, se asume que son pequeños (se asume número de animales promedio y cadena de manejo más recurrente para este tamaño de plantel). La Tabla 7-19 presenta la nueva distribución de planteles según tamaño, conforme a la cual se presentarán los costos estimados para cada escenario, sin contar aquellos planteles que, sin importar el tamaño, tenga un sistema de pabellón de camas calientes.

Tabla 7-19 Distribución de planteles según tamaño, utilizada para el ACB

Tamaño plantel	Número de animales	Número de planteles
GRANDE	Mayor a 37,001	15
MEDIANO	12,501 a 37,001	26
PEQUEÑO	750 a 12,500	63
Total		**104**

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios evaluados son los presentados en la Tabla 7-20.

Tabla 7-20 Escenarios de exigencias evaluados

Tamaño Plantel	Escenario	Acción que implica
Pequeño	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Cubierta flotante, 70% de reducción
Mediano	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Tratamiento secundario, Biodigestor 77% de reducción
Grandes	Esc. 0: Pozo	Cubierta rígida, 85% reducción
	Esc. 1: Laguna	Tratamiento secundario, Biodigestor 77% de reducción
	Esc. 2: 7 ou_E/m^3	Sistema túnel (43% de reducción) o biofiltro (70% de reducción) en caso de que aplique[a]
	Esc. 3: 5 ou_E/m^3	

[a]Las medidas de biofiltro y túnel son las únicas analizadas directamente, sin embargo para aquellos planteles que aún luego de aplicar estas medidas no logran cumplir se utiliza un costo promedio de medida de reducción (con un porcentaje promedio de reducción), hasta que logren en cumplimiento

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que todos los planteles se evalúan respecto a sus costos y beneficios a excepción de aquellos que corresponden a sistema de pabellón de camas calientes. Estos planteles, si son pequeños o medianos, de todas formas, quedan exentos debido a que no aplica instalar cobertura de pozo y cobertura o tecnología en laguna, por lo que sus costos y beneficios de cumplimiento del Esc 0 y Esc 1 son igual a 0. Hay solo un plantel grande que posee sistema de cama caliente que se deja fuera del análisis ya que no es posible estimar sus emisiones de olor ni tampoco los costos asociados a cumplir con los escenarios normativos que le aplican (Esc2 y 3)[26].

Como se ha mencionado anteriormente, existen otros planteles que no tienen ubicación geográfica por lo que no es posible estimar los beneficios por reducción de olor, pero si es posible estimar el beneficio por reducción de amoniaco y emisiones evitadas de GEI si es que aplica en cada caso.

La siguiente tabla presenta los costos de cada uno de los planteles, tanto modelados en detalle, como no modelados, para cada uno de los escenarios evaluados. Se presentan tanto los costos de inversión como los costos de operación cuando aplica.

[26] No se cuenta con factores de emisión nacionales para planteles con sistema camas calientes, así también, debido a que estos planteles cuentan con un sistema de manejo de purín sólido, las medidas de reducción de emisiones analizadas no son aplicables a este caso, por lo cual no se cuenta con costos ni eficiencia de reducción. Cualquier medida a implementar en pabellones con cama caliente deberá ser evaluada caso a caso, sin generalización.

Tabla 7-21 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles pequeños

Código plantel	Inversión escenario 0 (UF)	Inversión escenario 1 (UF)
PP-1	2.09	514.86
PP-100	2.09	354.97
PP-101	SP	573.63
PP-103	SP	241.71
PP-104	2.09	241.71
PP-105	SP	SL
PP-106	SP	SL
PP-107	SP	241.71
PP-108	SP	241.71
PP-11	2.09	9.04
PP-110	2.09	241.71
PP-111	SP	97.23
PP-117	SP	SL
PP-119	2.09	66.89
PP-120	2.09	194.45
PP-121	SP	247.00
PP-122	SP	218.76
PP-123	2.09	218.76
PP-13	2.09	SL
PP-23	SP	SL
PP-35	SP	SL
PP-38	2.09	241.71
PP-39	SP	SL
PP-40	SP	340.29
PP-41	2.09	SL
PP-43	SP	92.36
PP-45	SP	241.71
PP-46	SP	241.71
PP-47	2.09	SL
PP-48	SP	326.00
PP-52	2.09	241.71
PP-54	2.09	534.74
PP-56	2.09	241.71
PP-57	SP	45.65
PP-6	2.09	229.21
PP-60	SP	44.72
PP-61	2.09	241.71
PP-62	2.09	139.52
PP-63	2.09	241.71
PP-64	SP	156.63
PP-65	2.09	270.29
PP-66	SP	106.95
PP-68	2.09	SL

Código plantel	Inversión escenario 0 (UF)	Inversión escenario 1 (UF)
PP-70	2.09	241.71
PP-71	2.09	29.17
PP-73	2.09	241.71
PP-74	SP	241.71
PP-75	SP	241.71
PP-76	SP	241.71
PP-83	SP	4.91
PP-86	2.09	82.25
PP-87	SP	55.61
PP-88	SP	358.28
PP-91	2.09	SL
PP-92	2.09	24.31
PP-96	2.09	455.99
PP-97	2.09	347.44
Total	**60.53**	**10,249.02**

Fuente: Elaboración propia

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

NOTA: los planteles pequeños no tienen costos de operación ya que solo deben implementar cubiertas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-22 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles medianos

Código plantel	Inversión escenario 0 (UF)	Inversión escenario 1 (UF)	Operación escenario 1 (UF/año)
PP-10	SP	14,516	1,393
PP-109	2.09	6,946	667
PP-115	2.09	SL	SL
PP-118	2.09	7,839	752
PP-16	SP	13,892	1,333
PP-17	SP	11,163	1,071
PP-2	2.09	13,906	1,334
PP-22	SP	17,846	1,713
PP-24	SP	SL	SL
PP-29	SP	11,163	1,071
PP-4	SP	SL	SL
PP-44	2.09	SL	SL
PP-50	2.09	SL	SL
PP-55	2.09	17,138	1,645
PP-59	SP	9,673	928
PP-77	2.09	SL	SL
PP-79	2.09	SL	SL
PP-8	2.09	SL	SL
PP-80	2.09	SL	SL
PP-81	SP	14,140	1,357
PP-82	2.09	SL	SL
PP-85	2.09	SL	SL
PP-89	2.09	6,713	644
PP-9	SP	15,718	1,508
Total	**29.22**	**160,654**	**15,417**

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-23 Costos de inversión y operación asociado a cada uno de los escenarios evaluados para planteles grandes

Código plantel porcino	Inversión escenario 0 (UF)	Inversión escenario 1 (UF)	Operación escenario 1 (UF/año)	Inversión escenario 2 (UF)	Operación escenario 2 (UF/año)	Inversión escenario 3 (UF)	Operación escenario 3 (UF/año)	Costo modelación (UF)
PP-113	2.09	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-114	2.09	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-12	SP	SL	SL	876,503	137,857	12,226	1,201	310
PP-14	SP	SL	SL	943,845	147,829	24,452	2,403	310
PP-15	SP	SL	SL	Cumple exigencia normativa		69,760	-	310
PP-18	SP	SL	SL	432,608	75,502	17,900	1,759	310
PP-19	SP	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-21	SP	24,986	2,398	Cumple exigencia normativa				310
PP-25	SP	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-26	SP	SL	SL	72,309	-	25,619	17,665	310
PP-32	SP	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-42	SP	SL	SL	Cumple exigencia normativa				310
PP-49	SP	SL	SL	135,741	22,013	4,075	400	310
PP-98	2.09	SL	SL	18,264	-	Cumple exigencia normativa		310
Total	**6.26**	**24,986**	**2,398**	**2,479,269**	**383,201**	**154,033**	**23,428**	**4,340.00**

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de las tablas de costos, los costos de inversión para el escenario 0 son todos iguales (2.09 UF) ya que se utiliza el supuesto de que todos los planteles cuentan con un pozo de 27 m^2. No así los demás escenarios, ya que las medidas de laguna, túnel y biofiltro dependen del número de animales del plantel, por lo cual siempre será mayor para planteles grandes, luego los medianos y los planteles pequeños tendrán los costos menores.

7.4 Análisis económico respecto a cómo afecta la propuesta de Norma a empresas pequeñas, medianas y grandes

La norma de olores busca la reducción de las emisiones de olor asociadas a planteles porcinos, pero con una perspectiva integral que aborda las principales problemáticas identificadas, manteniendo en consideración la capacidad de implementación de medidas de reducción de olores de los planteles del país. Por este motivo, se generan exigencias operacionales, de reducción, tecnología y concentración en el receptor, pero diferenciando por tamaño de plantel.

Así, las medidas más exigentes son para planteles grandes, que concentran mayor cantidad de animales, pero con mayor capacidad de inversión, estos deberán implementar tecnologías para reducir emisiones y asegurar un 70% de reducción para lagunas de purín crudo y una concentración de 5 ou_E/m^3 en el receptor. Los planteles medianos requieren la implementación de tecnología, pero no del límite de concentración, por lo cual sus gastos serán menores que para los planteles grandes. Por último, los planteles pequeños tienen la opción de implementar cubiertas en sus lagunas (identificadas como las mayores fuentes de emisión de olores en la industria porcina), lo cual es una medida con un costo mucho menor a la implementación de tecnologías. A todos los planteles se les exige la implementación de buenas prácticas operacionales y de infraestructura, para establecer un estándar de funcionamiento de planteles porcinos en Chile.

La Tabla 7-24 presenta un resumen de las exigencias y costos derivados de la norma de olores, según el tamaño del plantel.

Tabla 7-24 Costos asociados a normas de emisión para planteles porcinos en función del tamaño del plantel

Tamaño del plantel	Exigencia	Costos asociados para el plantel	
Grande	Límite de emisión de olor	Costos de elaboración de estudio de impacto de olor	310 UF
		Implementación de medidas de reducción de olores	Sistema túnel en pabellón Inv:0.45 UF/cerdo Sistema biofiltro en planteles cerrados Inv: 1.76 UF/cerdo Op: 0.31 UF/cerdo/año
	Limites reducción de emisiones de olor	Implementación de medidas de reducción de olores	Biodigestor Inv: 0.50 UF/cerdo Op: 0.05 UF/cerdo/año
	Buenas prácticas operacionales	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2
Mediano	Limites reducción de emisiones de olor	Implementación de medidas de reducción de olores	Biodigestor Inv: 0.50 UF/cerdo Op: 0.05 UF/cerdo/año
	Buenas prácticas operacionales	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2
Pequeño	Limites reducción de emisiones de olor	Implementación de medidas de reducción de olores (cubiertas)[a]	Cubierta flotante Inv: 0.53 UF/m^2
	Buenas prácticas operacionales	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2

[a]Se asume que frente a la opción de implementar cubiertas o tecnología en lagunas, los planteles pequeños escogerán implementar cubiertas ya que conllevan menores costos.
Fuente: Agrícola Super Ltda. 2018, Cotización con proveedor, Programa PYME Porcina, 2019 y Comisión Europea (2017b)

Si se toman supuestos generales se pueden estimar el rango de costos que deberá invertir cada plantel para dar cumplimiento a la normativa. Los resultados de los costos totales asociados a la implementación de las medidas, considerando inversión y operación se presentan en la Tabla 7-25.

Tabla 7-25 Costos totales por tamaño de plantel asociados al cumplimiento de las normativas

Tamaño del plantel	Costos asociados para el plantel		Supuesto	Costo total	
Grande	Estudio de impacto de olor	310 UF	A desarrollar al comienzo	310 UF	Costo mínimo (para 37,001 animales) si debe implementar todas las medidas Inv: 100,585.7 UF Op: 13,320 UF/año
	Sistema túnel en pabellón	Inv: 0.45 UF/cerdo	Más de 37,001 animales por plantel	Inv: 16,650.5 UF	
	Sistema biofiltro en planteles cerrados	Inv: 1.76 UF/cerdo Op: 0.31 UF/cerdo/año		Inv: 65,121.8 UF Op: 11,470.3 UF/año	
	Implementación de medidas de reducción de olores	Biodigestor Inv: 0.50 UF/cerdo Op: 0.05 UF/cerdo/año		Inv: 18,500.5 UF Op: 1,850.1 UF/año	
	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2	Pozo de 27 m^2, con 10 m^2 adicionales.	Inv: 2.85 UF	
Mediano	Implementación de medidas de reducción de olores	Biodigestor Inv: 0.50 UF/cerdo Op: 0.05 UF/cerdo/año	12,501 a 37,000 animales por plantel	Inv: 6,250 a 18,500 UF Op: 625.1 a 1,850 UF	Rango de costos si debe implementar ambas medidas Inv: 6,252.9 a 18,502.9 UF Op: 625.1 a 1,850 UF
	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2	Pozo de 27 m^2, con 10 m^2 adicionales.	Inv: 2.85 UF	
Pequeño	Implementación de medidas de reducción de olores (cubiertas)[a]	Cubierta flotante Inv: 0.53 UF/m2	Se requieren aprox 0.092 m^2 de laguna por cerdo (supuesto entregado por ASPROCER), 750 a 12,500 animales por plantel contabilizando planteles con, entre 750 a 12,500 cerdos. Serían entre 69 y 1,150 m^2 de laguna	Inv: 40.71 a 678.5 UF	Rango de costos si debe implementar ambas medidas Inv: 43.6 a 678.5 UF
	Implementación de cubiertas a pozos de homogeneización	0.077 UF/m^2	Pozo de 27 m^2, con 10 m^2 adicionales.	Inv: 2.85 UF	

Fuente: Elaboración propia

En relación a los resultados obtenidos, se puede concluir que los costos asociados a la normativa son más altos para los planteles grandes, seguidos por los medianos y los planteles pequeños tienen los costos menores. Al comparar los valores máximos de inversión para los planteles medianos y pequeños, con el valor mínimo de inversión para los planteles grandes (bajo el supuesto de que tendrían que implementar todas las medidas presentadas en la Tabla 7-25) se obtiene que estos reflejan un 18% y 4%, del costo mínimo de inversión de los planteles grandes, respectivamente. Se debe tener en cuenta que estos costos son estimados sólo en el caso de que los planteles deban implementar todas las medidas asociadas a las exigencias, por lo cual es un escenario de costos altos

En el caso de los planteles grandes, los costos de operación corresponden a aproximadamente un 13% de los costos de inversión, donde el aporte más importante de la inversión está dado por la implementación del sistema de biofiltro en planteles cerrados. Para los planteles mediados, los costos de operación de las medidas implementadas corresponden a solo un 10% de los costos totales de inversión. En este caso, los costos de inversión asociados a la implementación de las cubiertas a los pozos de homogeneización son muy inferiores a los costos asociados a las medidas de reducción de olores (biodigestor). En el caso de los planteles pequeños, no existen costos asociados a la operación, sino solo el costo de inversión de la implementación de las medidas.

Es relevante notar que actualmente se está analizando la posibilidad de que la modelación sea realizada por la SMA y los planteles deban entregar los inputs. Sin embargo, esto aún no se decide y, en el caso de que así sea, probablemente será un proceso gradual. Esto implicaría que los costos de modelación serían menores para los planteles grandes, aunque esto no generaría una gran diferencia ya que el estudio de impacto de olor (que incluye la modelación), corresponde solo a un 0.3% del costo de inversión estimado para planteles grandes (si es que deben implementar todas las medidas estimadas).

Al analizar en mayor detalle los costos asociados a los planteles grandes se puede apreciar que el 65% del costo de inversión estimado corresponde a la medida de implementación de biofiltro, la cual es la “última medida a implementar” para cumplir con el límite de concentración. Si es que el plantel logra la concentración exigida, sin implementar biofiltros, los costos mínimos estimados de inversión serían 35,464 UF. Así también el impacto del estudio de impacto de olor sería mayor, pero aun siendo muy pequeño, correspondiendo a un 0.9% del costo total de inversión.

En la Tabla 7-26 se presenta la relación entre el tamaño del plantel y el tamaño económico de la empresa.

Tabla 7-26 Comparación de tamaño de plantel según número de animales y tamaño económico de la empresa

Tamaño de plantel por número de animales	Tamaño económico de la empresa	Número de planteles	
GRANDE	GRANDE	14	15
	S.I	1	
MEDIANO	GRANDE	17	26
	S.I	9	
PEQUEÑO	GRANDE	18	46
	MEDIANA	7	
	PEQUEÑA	5	
	S.I	16	
S.I	PEQUEÑA	1	17
	S.I	16	
	Total		**104**

Nota: la información de tamaño económico de la empresa se obtuvo de la base de datos elaborada en el estudio anterior de Envirometrika (2019)
Fuente: Elaboración propia

En términos generales, de la información disponible en términos del tamaño económico de la empresa, se obtiene que un 47% de las empresas son de tamaño grande (49 planteles), un 7% de tamaño mediano (7 planteles) y un 6% (6 planteles) pequeño. No se posee información del tamaño económico del 40% de las empresas (42 planteles).

De acuerdo a la información presentada, se cumple que, para el tamaño de plantel grande, en un 93% los planteles tienen un tamaño económico grande. En el caso de los planteles medianos se cumple que en un 65% los planteles tienen un tamaño económico grande y el 35% restante no posee información. La información relativa a los planteles pequeños se presenta con mayor detalle en la Figura 7-3.

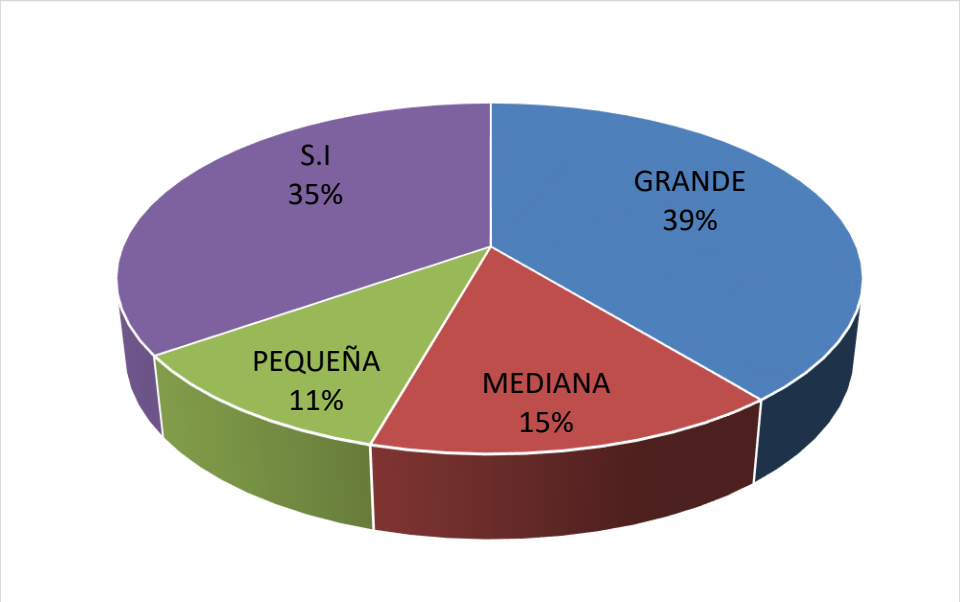


Figura 7-3 Distribución de planteles pequeños por tamaño económico de la empresa
Fuente: Elaboración propia

De la información presentada en la Tabla 7-26 y la Figura 7-3, se puede ver que el tamaño del plantel coincide con el tamaño económico de la empresa para los planteles grandes. Los planteles medianos, corresponden principalmente a planteles grandes. En el caso de los planteles pequeños, se puede observar que no necesariamente se cumple que hay asociado un tamaño económico pequeño, correspondiendo en un 39% a planteles grandes y en un 15% a planteles medianos. Adicionalmente, hay un 35% de los planteles para los que no se presenta la información de tamaño económico. Esto permite concluir, que el tamaño económico no necesariamente es coincidente con el tamaño del plantel. Sin embargo, es relevante notar que las empresas de tamaño económico pequeñas (para las cuales se tiene información), sólo tienen planteles pequeños.

En relación a los 17 planteles de los que no se posee información respecto al número de animales, se puede ver, de la Tabla 7-26, que uno de ellos es pequeño y de los otros no se posee información respecto al tamaño económico. Es relevante notar que esto no contradice la hipótesis utilizada en el estudio, de que los planteles sin información de tamaño son pequeños.

Tabla 7-27 Distribución de los planteles por región y tamaño económico

Región	Tamaño económico	Total
VALPARAÍSO	GRANDE	2
	S.I	2
METROPOLITANA	GRANDE	20
	MEDIANA	1
	PEQUEÑA	5
	S.I	10
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	GRANDE	24
	MEDIANA	3
	PEQUEÑA	1
	S.I	14
MAULE	GRANDE	2
	MEDIANA	3
	S.I	5
ÑUBLE	GRANDE	1
	S.I	8
BIOBÍO	S.I	1
LA ARAUCANÍA	S.I	1
LOS LAGOS	S.I	1
	Total	**104**

Fuente: Elaboración propia

En relación a la distribución por región de los planteles en función de su tamaño económico, se puede observar que la región Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins concentran en su mayoría los planteles de tamaño económico grande (89% de los planteles de tamaño económico grande entre las dos regiones), mientras que los planteles medianos se concentran en las regiones del Maule y del Libertador General Bernardo O'higgins (86% de los planteles de tamaño económico medio entre las dos regiones). De acuerdo a la información disponible de los planteles pequeños de tamaño económico, estos se encuentran principalmente en la región Metropolitana. Para las regiones que concentran un menor número de planteles porcinos (Biobío, Araucanía, Los Lagos) no se posee información asociada a los tamaños económicos de las empresas.

Las tablas a continuación presentan la relación entre el tamaño económico de los planteles y el tamaño del plantel, en término del número de planteles afectos a las distintas normativas.

Tabla 7-28 Planteles afectos a la exigencia de cubrir sus pozos de homogenización

Tamaño plantel: Nº animales	Tamaño económico	Total
GRANDE	GRANDE	3
MEDIANO	GRANDE	7
	S.I	7
PEQUEÑO	GRANDE	6
	MEDIANA	5
	PEQUEÑA	1
	S.I	8
S.I	S.I	9
	Total	**46**

Fuente: Elaboración propia

Se observa que solo 16 de 49 planteles de tamaño económico grande (ver Tabla 7-26, son 49 planteles los que tienen categorización de tamaño económico grande), es decir el 35% de los planteles con tamaño económico grande están sujetos a la exigencia de cubrir pozos de homogenización, mientras que el 71% de los planteles medianos (ver Tabla 7-26, son 7 planteles los que tienen categorización de tamaño económico mediano) y el 17% de los planteles pequeños (ver Tabla 7-26, son 6 planteles los que tienen categorización de tamaño económico pequeño) debe cumplirla. Esta medida no genera un impacto mayor debido al bajo costo y este costo es igual para todos los planteles sin importar el tamaño.

Tabla 7-29 Planteles afectos a la exigencia de implementar cubiertas (pequeños) o tecnología (medianos y grandes) en laguna

Tamaño plantel: Nº animales	Tamaño económico	Total
GRANDE	GRANDE	1
MEDIANO	GRANDE	9
	S.I	4
PEQUEÑO	GRANDE	11
	MEDIANA	3
	PEQUEÑA	4
	S.I	11
S.I	PEQUEÑA	1
	S.I	16
	Total	**60**

Fuente: Elaboración propia

En relación a la exigencia de implementación de cubierta, se estima que un 46% de los planteles de tamaño económico grande, un 43% de los medianos y un 83% de los pequeños debe cumplirla (siguiendo los números de planteles según lo indicado en la Tabla 7-26). Coincide que aquellos planteles de tamaño económico pequeño deberán cumplir las medidas asociadas a planteles pequeños, sin embargo, la mayoría de los planteles de tamaño económico grande también quedan afectos a las medidas asociadas a planteles pequeños.

Tabla 7-30 Planteles afectos a la exigencia de límite de concentración de olor en el receptor

Tamaño plantel: Nº animales	TAMAÑO ECONOMICO	Total
GRANDE	GRANDE	14
	S.I	1
	Total	**15**

Fuente: Elaboración propia

En relación a la exigencia de límite de concentración de olor en el receptor, se cumple que el tamaño económico grande es coincidente con un tamaño de plantel grande. De manera que ningún plantel de tamaño mediano ni pequeño debe cumplir con la exigencia.

Finalmente, al estimar los costos de operación e inversión asociados a cada escenario (ver Sección 0) se puede calcular el valor promedio que cada plantel deberá pagar para dar cumplimiento a cada escenario de exigencia normativa, estos costos promedio se presentan en la Tabla 7-31.

Tabla 7-31 Costo promedio de inversión y operación para los planteles chilenos

Tamaño plantel	Valores promedio (UF)						
	Inversión esc 0	Inversión esc 1	Operación esc 1	Inversión esc 2	Operación esc 2	Inversión esc 3	Operación esc 3
GRANDE	0.45	1,785	171	225,388	38,320	15,403	2,343
MEDIANO	1.22	6,694	642	No aplica			
PEQUEÑO	1.06	180	No aplica				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Tabla 7-31 los rangos de costos son mucho menores que los teóricos calculados en la Tabla 7-25. Esto se debe principalmente a que casi ningún plantel debe implementar todas las medidas asociadas al cumplimiento, así hay planteles que tendrán costos nulos para algunos escenarios, disminuyendo el promedio para dicho tamaño de plantel.

En particular, para planteles grandes se ve una inversión, un 50% menor a la estimada, aun cuando la estimación era el mínimo de la inversión. Casi todos los planteles grandes ya cuentan con sus pozos tapados y tratamiento secundario, por lo cual sus lagunas son de purín tratado. Adicionalmente, se puede ver del análisis de la Sección 4.3.2, que sólo 7 planteles grandes deberán implementar medidas adicionales para cumplir con la normativa de límite de olor en el receptor.

Los planteles medianos tienen costos mayores en el escenario 1, a los planteles pequeños, esto debido a que ellos deben implementar tecnología, no coberturas, lo cual tiene un costo asociado mucho mayor.

Los planteles pequeños tienen costos promedio bajos asociados a la inversión en el escenario 0 ya que ocurre que muchos no tienen pozo de homogenización (porque no tienen tratamiento o tienen sistemas camas calientes). Así también su costo de inversión en coberturas de lagunas es bastante bajo ya que, como el tamaño de laguna se calcula según número de animales (ver Sección 7.6.1.1), sus lagunas son mucho más pequeñas que para planteles medianos y grandes.

Finalmente se puede ver que, si sumamos los costos de inversión, se obtiene lo presentado en la Tabla 7-32.

Tabla 7-32 Costos totales promedio asociados al cumplimiento de la norma (sólo en términos de implementación de medidas), por tamaño de plantel

	Inversión total promedio (UF)	Operación total promedio (UF)
GRANDE	242,577	40,834
MEDIANO	6,695	642
PEQUEÑO	181	-

Nota: en el cálculo del costo promedio, tanto de inversión como operación, se incluyen aquellos planteles que no debieron implementar medidas asociado a las exigencias, por lo cual se están subestimando los costos.
Fuente: Elaboración propia

En la estimación de los costos para todos los planteles se obtiene que el mayor costo es para los planteles grandes, los medianos tienen costos de inversión que corresponden a un 2.8% del costo de inversión de los planteles grandes. Los planteles pequeños tienen costos de inversión promedio que corresponden a un 0.1% del costo promedio de inversión de los planteles grandes y a un 2.7% de los costos de inversión de planteles medianos.

7.5 Costos para el Estado por fiscalización de la norma

Los costos de fiscalización tienen una gran dependencia sobre el tipo, características específicas y cantidad de medidas de reducción de emisiones que se decida finalmente incluir en el instrumento de gestión ambiental.

La estimación de los costos para el Estado en materia de fiscalización, se consideran de dos tipos:

- Costo fijo: por la operación de una oficina encargada de la revisión de reportes de seguimiento y planes de cumplimiento.
- Costo variable: asociado a actividades de fiscalización por respuesta a denuncias o por revisión de cumplimiento.

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. Para realizar esta estimación del costo variable por actividades de fiscalización, se consideran los costos reportados de fiscalización en instrumentos existentes, por ejemplo, para planes de descontaminación.

La Tabla 7-33 presenta el resumen del presupuesto y número de actividades de fiscalización a realizar para cada entidad fiscalizadora, de acuerdo al programa PPDA del 2018[27].

Tabla 7-33 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 (SMA, 2017) Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para El Año 2018

La Superintendencia del Medio Ambiente realizará la 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, los exámenes de información, mediciones y muestreos e informes de estado de avance de planes de prevención y descontaminación ambiental.

En particular, la SMA tiene programadas 60 fiscalizaciones al año para los PDA más recientes[28] [29]. Con respecto a Salud, a los PDA más recientes se les realizan aproximadamente 25 fiscalizaciones por año [30]. Mientras que las 9 actividades del SAG están comprometidas al mismo PDA[31] [32].

Por otro lado, se supondrá que el número de fiscalizaciones por año estará asociado al 20% del número total de planteles porcinos existentes, es decir, se realizarán aproximadamente 21 fiscalizaciones anuales. Esto es, debido a que el tener solo 104 planteles porcinos no justifica que

[27] SMA, Resolución Exenta 1531. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para El Año 2018.
[28] Talca y Maule, Chillán y Chillán Viejo, Valdivia
[29] SMA, Resolución Exenta 1531. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para El Año 2018.
[30] SMA, Resolución Exenta 1531. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para El Año 2018
[31] Plan de Descontaminación para el área circundante a la fundición de Caletones de la división El Teniente de Codelco Chile.
[32]SMA, Resolución Exenta 1531. Fija Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación Para El Año 2018

se realicen tal cantidad de fiscalizaciones, esto ocurre debido a que la cantidad de fuentes emisoras porcinas es muy inferior al número de emisores considerados en los PDA.

Por su parte, tomando como referencia lo indicado en 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), es posible considerar que los costos que hay que considerar para una fiscalización asociada al cumplimiento normativo de los planteles porcinos se deben considerar los ítems actividades de fiscalización y gastos operacionales. La Tabla 7-34 presenta el detalle de los costos de fiscalización por cada ítem.

Tabla 7-34 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

Finalmente, se obtiene que el costo total de fiscalización a un plantel porcino considerando los ítems anteriores es de 20.7 UF, valor que hace sentido en relación a los costos presentados en la Tabla 7-33, el que considera un valor promedio por actividad de 16 UF. Con el objetivo de tomar un criterio conservador de análisis costo beneficio, en donde se considera mejor sobreestimar los costos asociados a la normativa, se utiliza el valor calculado de 20.7 UF, que es el mayor valor promedio por actividad, calculado con el detalle de lo que incluye.

Adicionalmente, esta misma plantilla presenta costos asociados al ítem actividad 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 7-35.

Tabla 7-35 Costos de gestión y seguimiento del PDA

Costos por actividad de Gestión y Seguimiento del PDA	N° HH[a]	Costo total actividad (UF)
Actividades de Sistematización medidas, indicadores y medios de verificación (Año 1)	264	147
Seguimiento Actividades Sistematización medidas, indicadores y medios de verificación (año 2 en adelante)	132	74
Informe anual seguimiento del Plan (Año 2 en adelante)	180	100

[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 *planila de Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos* de la Superintendencia del Medio Ambiente

7.6 Evaluación de los costos y beneficios asociados a los escenarios regulatorios propuestos

La presente sección presenta la metodología de estimación de los costos y beneficios de los escenarios regulatorios evaluados, los cuales se han descrito en la Tabla 7-11.

Con respecto a la evaluación de los costos, a modo general y como ya se ha indicado, estos responden a la implementación de tecnologías que permiten cumplir el escenario regulatorio. Esto tiene directa relación con el costo de la implementación, operación y mantención de las medidas tecnológicas que tenga que implementar cada plantel para el cumplimiento de la norma dependiendo el tamaño del plantel y su respectiva exigencia. En el análisis de costos también se incorporan los costos del Estado por fiscalización de cumplimiento de la norma. Los valores unitarios de las medidas tecnológicas que le aplican a cada plantel y escenario regulatorio y de la fiscalización fueron presentados en la Sección 0 y Sección 7.5 respectivamente. La suma de los costos de cada plantel más los costos de fiscalización serán los costos totales de cada escenario regulatorio.

Con respecto a los beneficios, el principal beneficio cuantificable y valorizable corresponde al beneficio obtenido por la reducción de las concentraciones de olor producto de la implementación de tecnologías que permiten cumplir con cada de escenario normativo evaluado. Este, como se describió en la Tabla 7-2, es obtenido utilizando el método de transferencia de beneficios unitario ajustada a partir de tres estudios internacionales de valoración contingente que estimaron la disposición a pagar por vivienda por reducciones de la percepción de olor. Este valor, luego de aplicado el método de transferencia de beneficios descrito en la Sección 0 corresponde a un valor de 0.9 UF/hab-año cuando se alcanza una reducción del 80% en comparación a la línea base. Adicionalmente se incorporan los beneficios asociados a la mejora en calidad del aire y la reducción de emisiones GEI gracias a la generación de energía del Biodigestor cuando aplica.

Basándose en los resultados de las modelaciones respecto al escenario de línea base de la evaluación de cada plantel y el resultado de las modelaciones para que estos planteles cumplan con los escenarios normativos, se obtiene para cada grilla de 1kmx1km la diferencia de concentraciones de olor entre la línea base y el escenario evaluado.

Por su parte, a partir de los datos del CENSO 2017 se obtiene la densidad poblacional de cada manzana censal que se encuentra dentro del dominio de la modelación. Los datos del CENSO 2017 presentan la población y viviendas totales georeferenciadas a nivel de manzana censal para poblamientos y a nivel de entidades para zonas rurales. La diferencia entre ambas radica principalmente en el área cubierta, siendo las entidades de mayor extensión, y por ende con menor densidad poblacional[33]. Casi la totalidad de la población censada se encuentra georeferenciada en Chile bajo estas capas geográficas, obviando zonas con muy baja cantidad de habitantes cuya información no se presenta por confidencialidad estadística.

7.6.1 Consideraciones

A lo largo de análisis costo beneficio se utilizan las siguientes consideraciones y supuestos.

7.6.1.1 Completitud de la base de datos de planteles porcinos

En la base de datos de planteles se cuenta con muchos campos “sin información”, asociado a características de los planteles que son necesarias para estimar las emisiones y los costos y beneficios asociados a la normativa.

Se considera que es importante la estimación de los costos y beneficios asociados a todos los planteles, de manera de lograr un criterio conservador utilizado en ACBs, en donde se busca sobreestimar los costos y subestimar los beneficios.

A continuación, se presentan los principales supuestos realizados para completar la base de datos y lograr hacer las estimaciones requeridas para el ACB:

- Para calcular el requerimiento de m^2 de laguna requeridos por un plantel se toma la información entregada por ASPROCER (2016). Una laguna de 110 x 60 metros, posee una capacidad de 30,000 m^3 y recibe la excreta de 72,000 cerdos con un tiempo de residencia

[33] Se cruzan espacialmente ambas bases de datos por sobre posición de áreas. Las manzanas censales y entidades rurales son polígonos de cualquier forma y área. En la práctica se ve el área de cada manzana y entidad rural que se sobrepone encima de la grilla y se asigna la población a la grilla de manera proporcional. Por ejemplo, si el 20% del área de una manzana censal cae dentro de la grilla, se le asigna el 20% de la población de la manzana a esa grilla

mínimo del slurry en la laguna es de 35 días. Se calcula que por cerdo se requieren 0.091667 m^2 de laguna.

- Como no se tiene un factor de emisión asociado a tratamientos secundarios, cuando un plantel cuenta con tratamiento secundario se le atribuye, a la etapa de laguna, la emisión de una laguna de purín tratado, estimando el tamaño de laguna según el número de animales (aunque el plantel no cuente con laguna).
- No se estiman las emisiones asociadas a planteles con el sistema de camas calientes, ya que no se cuenta con factores de emisión asociado nacionales a este sistema de pabellón y estas emisiones son más bajas que para otros sistemas y no serán alteradas por los escenarios regulatorios. Así también, debido a que estos planteles cuentan con un sistema de manejo de purín sólido, las medidas de reducción de emisiones analizadas no son aplicables a este caso, por lo cual no se cuenta con costos ni eficiencia de reducción. Cualquier medida a implementar en pabellones con cama caliente deberá ser evaluada caso a caso, sin generalización.
- Cuando no hay detalle de la categoría de animal se asume que se distribuyen según la razón promedio de todos los planteles que tienen las cuatro categorías. Si hay categorías mixtas, sin saber el detalle, pero no incluye las 4 se dividen en porcentajes iguales.
- Se estima el área promedio de los pozos de homogenización como 27 m^2.
- Para los planteles sin información de número de animales se asume que estos son pequeños y se les atribuye el número de animales promedio para planteles pequeños (4,972 animales). Se distribuyen en categorías siguiendo la distribución promedio en planteles pequeños.
- Cuando no se cuenta con información acerca del tipo de tratamiento, en planteles pequeños y los planteles sin información (que se asume que son pequeños), se les asigna la cadena de manejo más recurrente en planteles pequeños. Esto implica que tendrán un pozo de homogenización y laguna de purín crudo, ambas sin cubierta.
- Para planteles que tiene “S.I” en sistema de limpieza de pabellón, se asume que cuentan con el sistema más común, “Slat-pit”.
- Para planteles que tiene “S.I” en cubiertas, tanto para pozos como lagunas, se asume que no tienen cubiertas.

7.6.1.2 Supuestos en el análisis

- Se analiza para un horizonte de 10 años, considerando el año 1 el funcionamiento de todas las medidas y contabilizando sus costos de inversión, operación y los beneficios asociados.
- Se asume que todas las medidas de reducción de olores cuentan con una vida útil de al menos 10 años, por lo cual solo se requiere una inversión en el año 1.
- Los resultados de modelación se presentan geoespacialmente en grillas de 1km x 1km, lo cual permite sobreponer espacialmente la concentración modelada en cada grilla con la población afectada en esa grilla. Dado que es posible que el polígono de personas está

parcialmente contenido en la grilla, se asignó la población a la grilla proporcionalmente al área del polígono de población que se superpone con la cuadricula. Notar que un polígono de población completamente contenido dentro de una grilla asignará toda su población a esta.

- El valor de densidad poblacional obtenida para cada grilla, multiplicado por el valor de la DAP (UF/hab-año) por la reducción de la percepción de olor, estima el beneficio asociado a la reducción de la externalidad producida por el olor considerando la diferencia de concentración de olor según cada escenario evaluado. Es importante recalcar que se contabiliza esta valorización siempre y cuando la grilla haya presentado para el escenario de línea base una concentración de olor mayor a 1 ou_E/m^3, por considerarse que a partir de dicho nivel el olor, el olor puede ser percibido.
- En cada grilla se valorizan los beneficios con una relación lineal considerando el 100% de la DAP al obtener un 80% de reducción de olor entre escenario de línea base y escenario evaluado, esto significa que reducciones de más de un 80% tendrán una DAP mayor (ver más detalle en Sección 0.
- Para los planteles grandes, que incluso incorporando la tecnología biofiltro en todos los pabellones no alcanza el cumplimiento de los escenarios normativos asociados a los Escenarios 2 y 3, se considera:
    - Costos para alcanzar el cumplimiento: un costo medio de implementación de tecnologías considerando para dicho costo medio la cobertura de pozo, biodigestor, túnel y biofiltro evaluada cada una de las medidas de reducción de emisiones considerando un plantel grande estándar de 40000 cerdos, distribución promedio de cerdos en gestación, maternidad, recría y engorda, con sistema slat-pit, pozo sin cubierta y laguna de purín crudo. El costo medio resultante corresponde a un costo de inversión igual a 0.272 UF/TEOou_E/s e igual a 0.027 UF/TEOou_E/s de costo de operación.
    - Beneficios por reducción de olor: Independiente de si el plantel y sus respectivos escenarios fueron evaluados con CALPUFF o con modelo penacho gaussiano, se utiliza el modelo de penacho gaussiano para establecer el TEO (ou_E/s) que permite el cumplimiento normativo de los Escenarios 2 y 3. Este TEO permite gracias al uso del modelo de penacho gaussiano determinar el beneficio por reducción de olor en la población.
    - Beneficio por reducción de amoniaco: Solo se considera el beneficio asociado a la implementación de tecnología que reduce la emisión de amoniaco, en este caso, el biofiltro.

7.6.2 Desarrollo del ACB

El resultado del cambio de concentraciones entre el escenario de línea base y los escenarios con cumplimiento de norma se obtienen directamente para los planteles modelados, sin embargo,

para el resto de los planteles que no son modelados, se utiliza un modelo simplificado de penacho gaussiano (ver Anexo 11.7), el cual fue validado con los resultados de CALLPUF, actividad que permite calibrar los parámetros de ingreso a esta metodología (velocidad y dirección del viento y turbulencia del aire), de manera de lograr una estimación más certera. El ejercicio de validación de resultados entre los resultados de CALPUFF como los resultados de este modelo de penacho gaussiano, se presenta en el Anexo 11.8.

El modelo de penacho gaussiano supone una solución particular a la ecuación general de transporte de contaminantes atmosféricos donde, como se explica en el Anexo 11.7, se supone una emisión puntual y continua así como una única dirección de viento dominante. De acuerdo a la validación realizada contrastando los resultados de los niveles de concentración predichos por el modelo Calpuff y el modelo de penacho gaussiano realizada en el Anexo 11.8, se puede observar que a medida que se evalúan los niveles de concentración en inmisión a mayor distancia desde la fuente, ambos modelos tienden a converger en su solución para el nivel de resolución utilizado en Calpuff de 1x1 km.

Por lo tanto, se puede extender su aplicación al resto de planteles evaluados que no fueron modelados mediante la metodología propuesta por el SEA (WRF+MMIF+Calpuff) con el objetivo de estimar los niveles de concentración a los que pueden estar expuestos la población.

Si bien presenta una simplificación de los fenómenos de transporte atmosféricos de advección-difusión, dada la incertidumbre asociada durante el proceso de modelación respecto a la identificación de las fuentes de emisión (ubicación y niveles de actividad), su incertidumbre no supone un mayor inconveniente dadas las propias limitaciones del nivel de resolución propuesto por el SEA de 1x1 km para estudios de impacto odorante para este tipo fuentes de emisión superficiales y con limitada flotación tanto térmica como mecánica.

Se obtiene para cada plantel modelado la dirección y velocidad del viento predominante, generando curvas que varían la velocidad del viento para el norte, sur, este y oeste obteniéndose así cuatro curvas “distancia gradiente de reducción de concentración”; norte, sur, este, oeste, las cuales son aplicadas al resto de los planteles.

A modo de ejemplo, se realiza un ejercicio de modelación para el plantel PP-21 con las consideraciones presentadas en la Sección 7.6.1. Se recalca que este escenario evaluado estaría respondiendo a la exigencia normativa para planteles medianos y grandes que establece la implementación de tecnologías que permitan remover al menos el 70% de emisiones de olor a partir de la condición sin uso de tecnología en laguna (ver Sección 4.2). De esta forma, y como se indica en la Sección 0, se consideran los siguientes costos de cumplimiento.

Tabla 7-36 Costos tecnológicos para el cumplimiento normativo del plantel PP-21

Ítem	Costo unitario	Número de animales	Costo (sin IVA)
Tratamiento secundario - Biodigestor	Inversión: 0.50 UF/cerdo Operación: 0.05 UF/cerdo/año	50,360	Inversión: 25,180 UF Operación: 2,518 UF/año
Estudio de impacto de olor			310 UF

Fuente: Elaboración propia

Por su parte y debido a que se considera una eficiencia de remoción de olores igual a 77% asociada a la implementación de un biodigestor (ver Sección 4.2 para mayor detalle), se tiene que las tasas de emisión de olor que se utilizan como input en la modelación del impacto que tiene la instalación de un biodigestor son las siguientes:

Tabla 7-37 Tasas de emisión Línea Base y Escenario Evaluado

Nombre Fuente	Área (m^2)	TEO LB (ou_E/s)	Medida de reducción a aplicar	Nueva TEO (ou_E/s)
Laguna Acumulación 1	7,500	110,397	Biodigestor, 77% de reducción	25,391
Laguna Acumulación 2	13,800	203,131		46,720
Laguna Acumulación 3	3,700	54,463		12,526
Laguna Acumulación 4	9,500	139,837		32,163
Laguna Acumulación 5	6,350	93,470		21,498

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes figuras presentan la modelación de este plantel en condiciones de línea base como también luego de instalar el biodigestor suponiendo una reducción de la tasa de emisión de olor de las lagunas igual a un 77%.

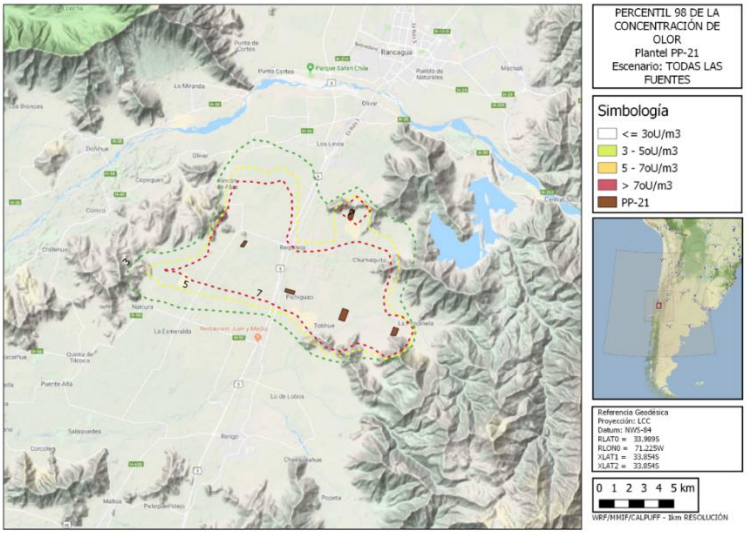


Figura 7-4 Niveles de concentración promedio horario anual en inmisión para el percentil 98 para el plantel PP-21 – Línea Base

Fuente: Elaboración propia

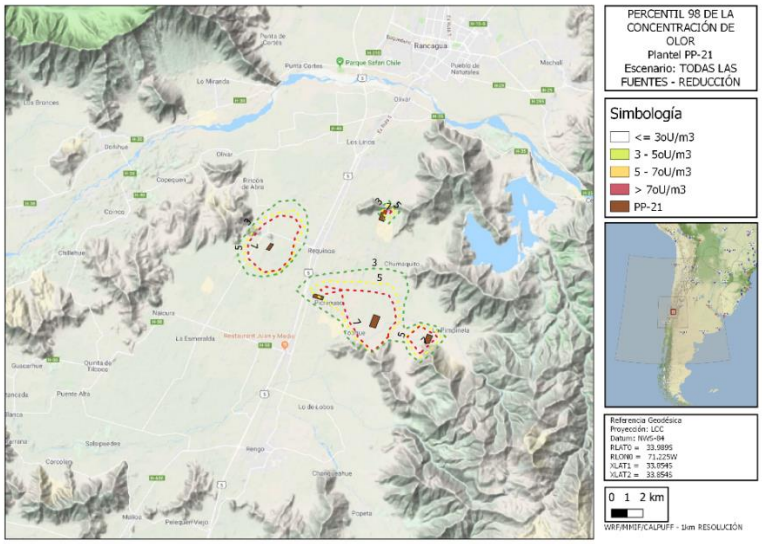


Figura 7-5 Niveles de concentración promedio horario Escenario Exigencia Tecnología Reducción 70%

Fuente: Elaboración propia

Asociado al cambio de concentración promedio horario que se representa en la Figura 7-4 y Figura 7-5, es que se estima el beneficio social asociado al cumplimiento normativo de este plantel. De este análisis se desprende que existen 309 grillas de 1kmx1km que presentan una concentración de olor mayor a 1 ou_E/m^3 (en la línea base mientras que luego de la instalación y

funcionamiento del biodigestor, solo 109 grillas mantienen una concentración de olor mayor a 1 OU_E/m^3).

Tabla 7-38 Estimación del Beneficio Social por Reducción de Olor asociado al PP-21

Densidad Promedio Grillas con Conc LB mayor a 1 en LB (hab/km²)	Delta Concentración Olor Promedio	Valor Social Unitario (UF/año)	Beneficio Social asociado al Plantel PP-21 (UF/año)
154.4	12.4	0.90	50,352

Fuente: Elaboración propia

Al ejemplo recién descrito se incorpora la cuantificación y valorización de los cobeneficios de la norma, los que implican la mejora en la calidad del aire producto a la reducción de emisiones de amoniaco (ver Sección 7.2.1 para mayor detalle metodologico) como también la reducción de las emisiones GEI (ver Sección 0).

Las siguientes tablas presentan el valor presente de los costos y beneficios asociados a cada uno de los escenarios modelados según plantel. Se presenta también la razón costo beneficio resultante.

Para planteles pequeños, la

Tabla 7-39 presenta los resultados tanto para el Esc0 (pozo) como el Esc1 (laguna). En el caso de los planteles pequeños no aplica la evaluación del escenario límite en el receptor, por lo que la tabla no presenta estos escenarios. Para todos aquellos planteles en donde no existe ni beneficio ni costo es debido a que, o el plantel no tiene pozo/laguna o estos ya se encuentran cubiertos o ya poseen tratamiento secundario.

Tabla 7-39 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Pequeños

Código plantel	Modelado con CALPUFF	VPN Esc_0 Pozo (UF)			VPN Esc_1 Laguna (UF)		
		Costos	Ben	B/C	Costos	Ben	B/C
PP-1	NO	1.97	109.1	55.4	485.7	225.2	0.5
PP-100	NO	1.97	135.7	68.9	334.9	267.0	0.8
PP-101	SI	-	-	-	541.2	1,340.7	2.5
PP-103 *	NO	-	-	-	228.0	619.0	2.7
PP-104 *	NO	1.97	165.8	84.2	228.0	314.2	1.4
PP-105	NO	-	-	-	-	-	-
PP-106	NO	-	-	-	-	-	-
PP-107 *	NO	-	-	-	228.0	534.9	2.3
PP-108	NO	-	-	-	228.0	2,819.6	12.4
PP-11	NO	1.97	5.7	2.9	8.5	10.8	1.3
PP-110	NO	1.97	117.4	59.6	228.0	222.5	1.0
PP-111	NO	-	-	-	91.7	136.4	1.5
PP-117	NO	-	-	-	-	-	-
PP-119	NO	1.97	37.2	18.9	63.1	70.4	1.1
PP-120	NO	1.97	281.1	142.8	183.4	540.4	2.9
PP-121	SI	-	10.7	-	233.0	672.7	2.9
PP-122	NO	-	-	-	206.4	335.7	1.6
PP-123	NO	1.97	221.7	112.6	206.4	437.1	2.1
PP-13	NO	1.97	236.8	120.3	-	-	-
PP-23	NO	-	-	-	-	-	-
PP-35 *	NO	-	-	-	-	-	-
PP-38 *	NO	1.97	223.0	113.2	228.0	422.7	1.9
PP-39	SI	-	-	-	-	-	-
PP-40	NO	-	-	-	321.0	3,172.1	9.9
PP-41	NO	1.97	129.1	65.6	-	-	-
PP-43	NO	-	-	-	87.1	146.1	1.7
PP-45 *	NO	-	-	-	228.0	1,410.1	6.2
PP-46	NO	-	-	-	228.0	619.0	2.7
PP-47	NO	1.97	1,197.8	608.3	-	-	-
PP-48	NO	-	-	-	307.5	2,990.7	9.7
PP-52	NO	1.97	164.8	83.7	228.0	312.3	1.4
PP-54	NO	1.97	147.8	75.1	504.5	294.6	0.6
PP-56 *	NO	1.97	399.6	202.9	228.0	757.4	3.3
PP-57	NO	-	-	-	43.1	40.7	0.9
PP-6	NO	1.97	572.9	291.0	216.2	1,085.9	5.0
PP-60	NO	-	-	-	42.2	31.7	0.8
PP-61 *	NO	1.97	771.6	391.9	228.0	1,462.5	6.4
PP-62	NO	1.97	58.1	29.5	131.6	110.2	0.8
PP-63 *	NO	1.97	618.7	314.2	228.0	1,172.6	5.1
PP-64	NO	-	-	-	147.8	78.4	0.5
PP-65	NO	1.97	555.7	282.2	255.0	1,418.9	5.6
PP-66	NO	-	-	-	100.9	229.4	2.3

PP-68	NO	1.97	284.4	144.5	-	-	-
PP-70	NO	1.97	62.8	31.9	228.0	123.7	0.5
PP-71 *	NO	1.97	23.6	12.0	27.5	44.6	1.6
PP-73	NO	1.97	302.5	153.6	228.0	676.6	3.0
PP-74	NO	-	-	-	228.0	667.6	2.9
PP-75 *	NO	-	-	-	228.0	301.1	1.3
PP-76 *	NO	-	-	-	228.0	301.1	1.3
PP-83	NO	-	-	-	4.6	3.0	0.6
PP-86 *	NO	1.97	71.3	36.2	77.6	135.2	1.7
PP-87	NO	-	-	-	52.5	109.8	2.1
PP-88	NO	-	-	-	338.0	951.8	2.8
PP-91	NO	1.97	51.5	26.2	-	-	-
PP-92	NO	1.97	11.0	5.6	22.9	20.8	0.9
PP-96	NO	1.97	182.5	92.7	430.2	355.0	0.8
PP-97 *	NO	1.97	143.3	72.8	327.8	271.7	0.8
Total		**57.1**	**7,293**	**127.7**	**9,668.9**	**28,264.0**	**2.92**

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario
SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario
* Los planteles marcados con (*) no se cuenta con ubicación geográfica por lo que no se ha realizado la estimación de beneficios por reducción de olor (si incluye beneficios por reducción de amoniaco y metano en caso de que aplique)
Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que en la mayoría de los casos la razón B/C no solo es positiva, sino que es bastante alta, en particular para el escenario de pozo debido a que la inversión es muy pequeña. Así también el escenario de cubierta a la laguna cuenta con una razón B/C mayor a uno, pero bastante más pequeña que el escenario de cumplimiento de la exigencia de pozo.

Situación similar ocurre para los planteles medianos, resultados que se detallan en la Tabla 7-40.

Tabla 7-40 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Medianos

Código plantel	Plantel Modelado CALPUFF	VPN Esc_0 Pozo (UF)			VPN Esc_1 Laguna (UF)		
		Costos	Ben	B/C	Costos	Ben	B/C
PP-10	SI	-	-	-	23,947.12	83,210.73	3.47
PP-109	NO	1.97	246.14	125.00	11,458.74	14,715.38	1.28
PP-115	NO	1.97	822.30	417.61	-	-	-
PP-118	NO	1.97	244.88	124.37	12,932.00	21,658.10	1.67
PP-16	NO	-	-	-	22,917.47	41,231.09	1.80
PP-17	NO	-	-	-	18,415.83	116,255.02	6.31
PP-2	NO	1.97	1,279.07	649.59	22,940.39	32,929.61	1.44
PP-22	NO	-	-	-	29,440.77	53,751.70	1.83
PP-24	NO	-	-	-	-	-	-
PP-29	NO	-	-	-	18,415.83	32,382.57	1.76
PP-4	NO	-	-	-	-	-	-
PP-44	NO	1.97	212.23	107.78	-	-	-
PP-50	NO	1.97	4,605.73	2,339.07	-	-	-
PP-55	NO	1.97	650.52	330.37	28,271.98	40,753.72	1.44
PP-59	SI	-	979.80	-	15,957.93	34,616.24	2.17
PP-77	NO	1.97	240.64	122.21	-	-	-
PP-79	NO	1.97	834.72	423.92	-	-	-
PP-8	NO	1.97	800.80	406.70	-	-	-
PP-80	NO	1.97	545.31	276.94	-	-	-
PP-81	NO	-	-	-	23,326.71	41,194.23	1.77
PP-82	NO	1.97	423.47	215.07	-	-	-
PP-85	NO	1.97	4,037.12	2,050.29	-	-	-
PP-89	NO	1.97	275.12	139.72	11,074.05	18,643.93	1.68
PP-9	NO	-	-	-	25,929.48	49,239.50	1.90
Total		27.6	16,198	587.6	265,028.30	580,581.81	2.2

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla detalla las medidas tecnológicas que se implementan para el cumplimiento normativo de los escenarios de límite del receptor igual a 7 ou_E/m^3 y 5 ou_E/m^3, en planteles grandes.

Tabla 7-41 Medidas de reducción de emisiones de olor implementadas en planteles grandes para dar cumplimiento al límite de concentración en el receptor

	Plantel	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Estado de cumplimiento
		Pozo	Etapa laguna	7 ou_E/m^3	5 ou_E/m^3	
Planteles no modelados	PP-12	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sistema túnel y biofiltro en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]	Esc 2 no alcanza el límite de 7 ou_E/m^3. Una vez implementado biofiltro a todos los pabellones se utiliza costo medio para lograr el cumplimiento. Para cumplir con el Esc. 3 se utiliza costo medio de medidas
	PP-15			Cumple	Sistema túnel al 75% de los pabellones	Esc 2 se cumple al implementar medida en laguna. Esc 3. Se cumple implementando túnel al 75% de los pabellones.
	PP-18			Sistema túnel y biofiltro en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]	Esc 2 tiene biofiltro en todos los pabellones y cumple con la exigencia. Esc 3, no cumple y se utiliza costo medio.
	PP-19	Se cumple la concentración en todos los receptores				Cumple
	PP-25					Cumple
	PP-26	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sistema túnel en todos los pabellones	Biofiltro en el 50% de los pabellones de engorda	Cumple
	PP-32	Se cumple la concentración en todos los receptores				Cumple
	PP-42					Cumple
Planteles modelados	PP-113	Se cumple la concentración en todos los receptores				Cumple
	PP-114					Cumple
	PP-14	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sistema túnel y biofiltro en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]	No cumple con estas medidas pero se utiliza costo medio hasta cumplir.
	PP-21	Se cumple la concentración en todos los receptores				Cumple
	PP-49	Concentración mayor a 7 ou_E/m^3 en algún receptor		Sistema túnel y biofiltro en todos los pabellones	No cumple (para efectos de este análisis)[a]	No cumple con estas medidas pero se utiliza costo medio hasta cumplir.
	PP-98			Sistema túnel en todos los pabellones	Según el escenario 2, se asume cumplimiento en todos los receptores	Cumple

[a]El análisis de modelación para planteles incluye sólo algunas medidas de reducción de emisiones, por lo cual, en los planteles que no cumplan la exigencia de límite de concentración en el receptor se deben analizar medidas adicionales. Por lo mismo, para el análisis costo beneficio se realiza el análisis incluyendo un costo medio hasta alcanzar cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia

Por último, la Tabla 7-42 presenta los resultados para la categoría de planteles grandes, los cuales adicionan los escenarios asociados al cumplimiento de la exigencia límite en el receptor.

Tabla 7-42 Valor Presente de los Costos y Beneficios – Planteles Grandes

Código plantel	Plantel Modelado CALPUFF	VPN Esc_0 Pozo (UF)			VPN Esc_1 Laguna (UF)			VPN Esc_2 7 ou_E (UF)			VP N Esc_3 5 ou_E (UF)		
		Costos	Ben	B/C	Costos	Ben	B/C	Costos	Ben	B/C	Costos	Ben	B/C
PP-113	SI	1.97	919	467	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-114	SI	1.97	1,825	927	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-12	NO	-	-	-	-	-	-	1,841,819	8,213	0.00	20,375	61	0.00
PP-14	SI	-	-	-	-	-	-	1,978,748	7,499	0.00	40,751	138	0.00
PP-15	NO	-	-	-	-	-	-	292	-	-	65,812	1,439	0.02
PP-18	NO	-	-	-	-	-	-	964,113	5,721	0.01	29,832	4,381	0.15
PP-19	NO	-	-	-	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-21	SI	-	-	-	41,219	430,838	10.45	292	-	-	-	-	-
PP-25	NO	-	-	-	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-26	NO	-	-	-	-	-	-	68,508	1,642	0.02	154,186	3,549	0.02
PP-32	NO	-	-	-	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-42	NO	-	-	-	-	-	-	292	-	-	-	-	-
PP-49	SI	-	119	-	-	-	-	290,368	35,149	0.12	6,792	40	0.01
PP-98	SI	1.97	538	273	-	-	-	17,523	1,236	0.07	-	-	-
Total		5.9	3,401	578.5	41,219	430,838	10.5	5,163,417	59,460	0.23	317,748	9,608	0.03

SP: implica que el plantel no tiene pozo de homogenización o este ya se encuentra tapado, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

SL: implica que el plantel no tiene laguna de purín crudo, por lo cual no se le atribuyen costos a ese escenario

Fuente: Elaboración propia

8. Difusión de resultados

Las actividades de difusión cumplen con el objetivo de dar a conocer a grupos de interés los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente estudio. De esta manera se puede involucrar a las distintas partes interesadas en el proyecto, tomando en consideración cualquier comentario u observación que ellos puedan realizar a la información presentada. Adicionalmente, estas actividades permiten difundir nuevos conocimientos o material de referencia para los tomadores de decisión y buscan crear un compromiso y participación por parte de los grupos interesados, involucrándolos en el desarrollo del proyecto. Por último, se busca conocer las expectativas del proyecto por parte de los asistentes.

Con el objetivo de lograr la difusión de los resultados del estudio, se realizaron distintas actividades. Los detalles de estas se presentan en la Tabla 8-1 .

Tabla 8-1 Lugares y fechas de realización de actividades de difusión de resultados

	Lugar	Fecha	Descripción
1	Rancagua	22 de noviembre 2019	Reunión con servicios públicos y academia
2	Talca	3 de diciembre 2019	Reunión con servicios públicos y academia
3	Santiago	5 de diciembre 2019	Profesionales de la Seremi de Medio Ambiente RM de diversas áreas
4	Santiago	6 de diciembre 2019	Comité Operativo Ampliado

Fuente: Elaboración propia

El Anexo 11.10 presenta la información asociada a las listas de asistentes a cada una de las actividades y las fotografías de estas.

En todos los talleres, se ha realizó una presentación guiada por un programa de contenidos, comenzando por una presentación por parte del MMA acerca del proceso de elaboración de la norma de olores y las exigencias establecidas por esta y luego se presentan los resultados del estudio desarrollado por el equipo consultor (en sus diferentes estados de desarrollo). Luego de la presentación se da un espacio para la realización de comentarios y preguntas, por parte de los presentes.

El programa de contenidos de la presentación del presente estudio se estructuró de la siguiente manera:

- Contexto del estudio: se presentan los objetivos generales y específicos del estudio y el esquema de la metodología general para la realización del análisis costo – beneficio.

- Análisis de las exigencias asociadas a la normativa de olores: se plantean las exigencias de la propuesta de normativa, las que corresponden a la implementación de mejores prácticas operacionales por parte de los planteles, la reducción de emisiones para la etapa correspondiente a laguna y límite de emisión de olor en el receptor. Se analiza a qué planteles afectará cada exigencia.
- Metodología de identificación, cuantificación y estimación de costos y beneficios económicos y ambientales: se presenta la metodología de análisis costo beneficio tomando en consideración la emisión de olor, la modelación de dispersión de olores (metodología validada con la modelación de 11 planteles porcinos), la estimación de costos asociados al cumplimiento normativo y el uso de transferencia de beneficios para valorización del impacto de la reducción de emisiones de olor.
- Resultados de Análisis Costo Beneficio: se presentan los resultados preliminares de los escenarios normativos, el valor presente de los costos y beneficios (UF) y el indicador de rentabilidad social.

A partir de la presentación realizada surgen distintas interrogantes y comentarios a la información propuesta. A continuación, se presentan las consultas, comentarios y observaciones realizadas por los asistentes, durante la realización de cada actividad. Las respuestas son expuestas en este informe previa revisión y colaboración de la contraparte técnica del estudio.

8.1 Consultas y respuestas

8.1.1 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Rancagua (22 de noviembre)

1. Incorporación de planteles en la comuna de Graneros, no nos queda claro en la presentación si se incluyó.

R: La información que se mostró era a nivel regional, no comunal, para los planteles modelados, los que corresponden a 11 planteles modelados que cuentan con representatividad a nivel de tamaño y cadena de manejo de purín. Por ello, para efectos de este muestreo no se consideró un plantel ubicado en la comuna de Graneros pero si están representado en la base de datos sobre planteles porcinos en Chile.

2. En Nancagua se encuentra un plantel porcino con 12,000 madres, el cual tiene un sistema anaerobio de tratamiento ¿Qué exigencias aplica de la futura normativa?

R: Si ése número corresponde al número total de animales, no aplica acreditación de cumplimiento de límite de olores a través de modelación, lo que deberá ser informado en el reporte de catastro de unidades fiscalizables para corroborar el número total de animales. Además en este informe, entrega del primer reporte sobre unidades fiscalizables, deberá mencionar el tipo de tratamiento secundario que utiliza para tratamiento de purines y analizar si

está afecto a la exigencia sobre reducción de olor en laguna. Cabe indicar que cualquier sea el tamaño del plantel deberá cumplir las exigencias sobre prácticas operacionales.

3. Se consulta si el estudio consideró las estaciones meteorológicas de la Seremi de Agricultura, estaciones agro-meteorológicas. En caso de no ser utilizadas se dispone de información para futuros análisis y en la implementación de la normativa.

R: Se agradece aporte el cual será transmitido a los fiscalizadores de la normativa en su etapa de implementación.

4. ¿Cuál es el tipo de sanciones a las cuales se expone un plantel que no cumple con la normativa? Con las sanciones se podría por ejemplo un plantel quedar exento de vender en el mercado.

R: Si bien el texto de la normativa ambiental no lo específica, sí se encuentra en documentos legales específicos que posee la entidad fiscalizadora en este caso la Superintendencia del Medio Ambiente.

5. Con la implementación de la normativa, se indica una reflexión por parte de profesionales de la SMA región de O´Higgins, sobre la sobrecarga laboral que tendrán en su implementación.

6. Se solicita analizar la congruencia de la normativa de olores y la futura propuesta del capítulo de amoniaco en el futuro Plan de Descontaminación de la Región de O´Higgins. Así como también iniciativas derivas de la propuesta de NDC.

R: Lo expresado en el futuro Plan de Descontaminación de la Región de O´Higgins se refiere a aves y no respecto a las emisiones de amoniaco provenientes de planteles porcinos.

Los NDC (Contribución Nacional Determinada) en Chile consisten en un compromiso de reducción de las emisiones de GEI a nivel nacional. Esto tiene relación con la normativa de olores ya que las exigencias que esta genera tienen como cobeneficio la reducción de metano. Por este motivo el análisis del cumplimiento de la norma de olores puede aportar al cumplimiento de la meta de reducción de GEI, en la cuantificación de la reducción de metano asociada a la instalación de biodigestores en planteles medianos y grandes. Sin embargo, actualmente no se cuenta con claridad con respecto a qué referencia se tomará la reducción de emisiones a calcular, por lo cual no se tiene claro si la instalación de biodigestores en los planteles porcino será considerando o no dentro de las medidas para el NDC. En el presente estudio se toma como que el NDC no genera modificaciones en los planteles porcinos para la presente línea base. Se debe analizar si es que las exigencias asociadas a la norma de olores podrán ser un aporte para el cumplimiento de las NDC.

7. Se solicita aclarar el valor de los factores de emisión de maternidad y engorda ya que no parece congruente que desde maternidad sean más altos que engorda.

R: Efectivamente el factor unitario de emisión de cerdos de maternidad es mucho mayor que cerdos de engorda, esto se ve respaldado por la experiencia tanto nacional e internacional. Sin embargo, la cantidad de cerdos de maternidad es mucho menor que cerdos de engorda (en general se asume una relación de 1:10), por lo cual, en su totalidad, el impacto de los cerdos de engorda es mayor que los de maternidad. De todas maneras, se destaca que el uso de factores de emisión es exclusivamente en el contexto del estudio, ya que las empresas que deberán estimar sus emisiones son las grandes y lo deberán hacer por medio de mediciones reales.

8. Se indica como reflexión el rechazo que tiene la ciudadanía hacia proyectos de planteles porcinos aun cuando la propuesta de proyectos implica una mejora en tecnologías que permitirían reducir olores. Se sugiere un plan comunicacional con las comunidades para entender el efecto y los beneficios que conllevan las mejoras tecnológicas.

9. Se solita enviar las presentaciones.

8.1.2 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Talca (3 de diciembre)

1. ¿Cuál es el plazo para la exigencia de límite de 5 ou_E /m^3 de un plantel existente?

R: Según la propuesta de anteproyecto, los planteles porcinos existentes, deberán cumplir con el límite en un periodo de 3 años.

2. ¿Por qué no se va a llegar a 3 ou_E /m^3 de una sola vez para todos los planteles?

R: Porque esta normativa incluye el concepto de "gradualidad", es decir, se espera que en la futura revisión de normativa se homologuen los límites para planteles existentes y nuevos de acuerdo a los antecedentes aportados en la implementación de la norma.

3. Los proyectos que sean existentes y quieran modificar su plantel, ampliando el número de animales, y de otras fuentes, ¿deberán compararse con el valor de 5 o de 3 ou_E /m^3?

R: Un plantel que se modifique en el número de animales y por ende en las instalaciones, deberá compararse con el valor de un plantel nuevo (3 ou_E/m^3)

4. ¿Cuál va a ser el límite máximo en ou_E que deberán cumplir los planteles medianos y pequeños?

R: Respecto de los planteles medianos y pequeños, se entenderá cumplido el límite de emisión de olor, con la verificación del cumplimiento de lo establecido en el Limites de Reducción de Olor en Fuentes que Indica y Practicas Operacionales para el Control y Reducción de Emisiones de Olor.

5. Respecto del número de animales ¿Qué pasa si un productor decide poner varios planteles de 740 animales?

R: La norma aplica a planteles de crianza, engorda y/o reproducción de porcinos que correspondan a un número igual o superior a setecientos cincuenta (750) animales porcinos,

considerando que este valor se obtuvo desde el Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental (DS N°40/2014 del MMA). Por lo anterior, si el plantel tiene un número inferior no aplica el cumplimiento normativo. Se invita a los asistentes en el periodo de consulta pública a aportar antecedentes técnicos en caso de proponer bajar el número de animales por plantel.

6. ¿Por qué se decidió dejar fuera los planteles de aves?

R: El diseño regulatorio definió realizar normas por sectores de acuerdo al n° de empresas existentes, número de denuncias y de conflictos socio ambientales, en razón a esta información se decidió priorizar los planteles porcinos, y se evaluará en una revisión de la normativa incluir a planteles de aves dentro de esta regulación.

7. ¿No es más eficiente hacer una norma de olores general?

R: El diseño regulatorio de olores para Chile, incorpora una "perspectiva integrada", con un enfoque tecnológico, el cual incluye no solo límites de emisión, sino que también prácticas operacionales, con el fin de subir el estándar operativo de las fuentes emisoras de olor, en todo el territorio nacional. Así también, para la gestión de olores, cobra importancia el identificar claramente las fuentes y prácticas dentro de una operación que tiene potenciales para emitir olores, con el fin de mantener un control sobre estas para prevenir los eventos de olor, que pudieran afectar la calidad de vida de la población. Por esta razón, la regulación es por sectores priorizados para realizar un diagnóstico profundo sobre las exigencias verificables y fiscalizables, adecuadas para cumplir con la reducción de olores por sector.

8. ¿Si un plantel tiene una RCA con 3 ou_E/m^3 y entra en vigencia la norma tendrá que cumplir con 5 ou_E/m^3?

R: Se toma nota de observación. Se confirmará con la División Jurídica del Ministerio del Medio Ambiente, pero regiría el instrumento regulatorio más exigente.

9. La modelación de los escenarios ¿Considera meteorología, horario de operaciones, etc?

R: La modelación de dispersión de olores, utilizando el modelo CALPUFF, se realiza utilizando factores de emisión y no condiciones reales de operación de cada plantel. Los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones de los planteles son factores nacionales, obtenidos como promedios, promedios que incluyen las condiciones de operación de cada plantel desde donde se obtuvo. Este modelo si considera la meteorología. Respecto a la evaluación de los escenarios para aquellos planteles no modelados en detalle, tal como se mencionó, se utiliza un modelo de penacho gaussiano, que considera velocidad, dirección del viento y estabilidad validado y calibrado según planteles modelados.

10. ¿Por qué en los ejemplos entregados, no se muestra la pluma de modelación?

R: En la sección de resultados de modelación de los planteles se muestran las isodoras de olor para los planteles ejemplo (PP114 y PP59). Por temas de tiempo, se le dio mayor énfasis a la concentración en los 15 receptores de manera de poder evaluar el cumplimiento. En el informe

del estudio se presentan imágenes con las isodoras de concentración para 3, 5 y 7 ou_E, para todos los planteles modelados.

11. ¿Cuántos biodigestores hay en funcionamiento en el país?

R: Según la base de datos de los planteles porcinos en Chile, generada en el contexto de este estudio, hay 12 planteles que cuentan con biodigestores, los planteles pueden contar con más de un biodigestor.

12. ¿Quiénes son los responsables de evaluar o fiscalizar los límites de olor?

R: El control y la fiscalización de la presente norma corresponderán a la Superintendencia del Medio Ambiente

13. ¿Por qué no es una norma de calidad y es una norma de emisión?

R: Porque hoy en día para medir olores (entendida como una combinación de sustancias odoríficas como las que se emiten desde planteles porcinos y al encontrarse a muy bajas concentraciones), se utilizan métodos sensoriales estandarizados. Por lo anterior, no es posible instalar estaciones de monitoreo de calidad del aire, para cumplimiento de norma de calidad, tal como se realiza para contaminantes atmosféricos (gases y material particulado) en el receptor. Sin embargo, sí es posible calcular la concentración de olor en el receptor a partir de las mediciones calculadas en la emisión. Complementariamente se exigen medidas para reducir las emisiones odorantes en el origen de la fuente y prácticas operacionales adecuadas para reducción de olores en la emisión.

8.1.3 Actividad de Difusión realizada en la ciudad de Santiago (5 y 6 de diciembre)

1. ¿Por qué el límite de olores es de 5 ou_E y 3 ou_E?

R: Se revisa la experiencia internacional, en particular la experiencia de Holanda. Sin embargo, no se cuenta con el ordenamiento territorial que ellos tienen, por lo cual se debe adecuar a la realidad chilena.

Colombia cuenta con un límite de 5 ou_E, nivel que frecuentemente se utiliza como referencia en el SEIA para planteles porcinos. Los valores más exigentes utilizados como referencia en el SEIA son de 3 ou_E.

El valor del límite se asemeja el valor a Bélgica (Flanders), este límite es igual para zonas ganaderas en zonas residenciales en entorno rural. El informe cuenta con un capítulo de revisión internacional en el cual se podrán revisar los valores de la normativa internacional.

2. El porcentaje de reducción de olores 70%, tiene relación con concentración de olor o caudal

R: La emisión se calcula como caudal*concentración, por lo cual se puede reducir al reducir el caudal o la concentración o ambos. En este caso se asume que el caudal se mantiene constante, por lo cual lo que se reduce es la concentración. El 70% se obtiene de la revisión de las MTD, en las cuales se establece el porcentaje factible de entre las medidas de reducción de emisiones

3. Para el límite de emisión en planteles grandes, ¿cómo se define el receptor?, ¿Hay alguna descripción o requisito?

R: No necesariamente el receptor más cercano es el más afectado, las condiciones de dispersión del olor y la meteorología de la zona varían el receptor más cercano. En el reporte inicial cada plantel deberá identificar sus receptores cercanos en un radio de 5 km. El requisito entonces sería que el receptor se encuentre dentro de un radio de 5 km.

4. Tratamiento de los purines
    a. ¿Los planteles afectos son sólo los que no tengan tratamiento? Igual generan olores los que tienen tratamiento-

R: La idea es establecer estas exigencias en fuentes con purín sin tratamiento (crudo), por lo cual aquellos planteles que ya tengan tratamiento secundario no quedan afectos a la exigencia. Principalmente estas lagunas están presentes en planteles pequeños y medianos. De todas maneras no se espera que, a partir de la normativa no haya olores, sino que establecer una base de tecnología y operación que permite detectar las verdaderas problemáticas en temas de olores.

    b. Compostaje, ¿puede ser al aire libre o deberá ser cerrado en un ambiente controlado? Hay muchos factores que determinan los tiempos de cada acción relacionada con el compostaje.

R: Se refiere a las condiciones de volteo en relación con la meteorología, se cuida el momento de realizar el volteo para evitar que la dispersión de olor se dirija a las comunidades cercanas. No es necesario que sea dentro de un lugar cerrado, es una buena práctica pero no es lo que se está exigiendo en esta instancia

    c. Tratamiento de lagunas, ¿cubrir o tecnología, son excluyentes?, podría haber un problema con la acumulación de los gases.

R: Por el tamaño, los planteles pequeños estarán afectos para que la exigencia sea factible para ellos. Las alternativas de cubiertas son diversas que abordan diferentes temas. En la práctica no se ha levantado un tema de problema de acumulación de gases en los planteles que ya cuentan con lagunas cubiertas.

5. ¿Cuál es la herramienta del titular para validar cumplimiento, quién modela? ¿Está pensada una guía de modelación de olores? Si existen quejas posteriores a la normativa, ¿cómo se abordará la modelación? ¿Se aceptará la modelación como validación?

R: Los planteles grandes, que deben dar cumplimiento a la exigencia de límite de olores, deberán entregar información para acreditar el cumplimiento, esto puede ser por medio de la entrega de

la TEO o modelación de la dispersión de olores (esto está todavía en discusión, se está viendo la opción de que la SMA realice la modelación, o que sea paulatino el cambio).
De todas maneras se tiene contemplada la elaboración de una guía para la modelación de olores, pero esto es posterior a la normativa. Esto debido a la complejidad de la modelación y la importancia de las consideraciones para la correcta estimación de los olores. La norma es el primer paso, se espera seguir avanzando en el término de olores.
En cuanto a quejas, antes de esta normativa no existía ningún límite o restricción en cuanto a olores, por lo cual esto establece una base. Si un plantel cumple con la normativa, es una señal de que el plantel está haciendo todo lo necesario para el control y disminución de las emisiones de olores

6. ¿Se tienen consideradas POE para reducciones en el origen: fábricas de alimentos, comederos, entre otros? Esto puede generar importantes reducciones en las emisiones de olores

R: Se solicita que envíen estos antecedentes durante la consulta pública ya que no se había levantado previamente y sería bueno evaluar la opción de incorporarlos.

7. ¿Cuantificación de la incertidumbre, en particular para la modelación, se puede incorporar alguna cuantificación? Penacho Gaussiano tiene alta incertidumbre y limitaciones.

R: Debido al ejercicio requerido, estimación de las emisiones en todos los planteles del país, se debe utilizar la metodología de Penacho Gaussiano, por la información limitada a la cual se tiene acceso. Sin embargo, se validó el Penacho Gaussiano con las modelaciones, según la rosa de los vientos en cuatro direcciones dominantes. Se utiliza el penacho gaussiano con la dirección del viento en su dirección dominante y la estabilidad, esto permite abordar en parte la incertidumbre asociada al uso de esta metodología.

8. Se cruzaron los resultados con las quejas recibidas a los planteles, ya que están lideran el proceso de norma, ¿cómo conversan? ¿Se puede calibrar el modelo con esta información? ¿Tiene que ver con la incertidumbre?

R: En el contexto del estudio no se analizaron las quejas, pero sí se busca abordar esto indirectamente por medio de la identificación de los receptores espacialmente en la modelación. La estrategia integrada de la normativa, medidas operacionales y tecnológicas permitirá establecer una línea base mínima de tecnología y operación que permitirá objetivizar las quejas de olor. Se identifica que muchos de los problemas con las comunidades se deben a mala comunicación con los productores frente a casos específicos de eventos de olor (mal funcionamiento de sistemas, limpiezas programadas, etc.), por esto la norma incluye también una estrategia de comunicación de eventos de olor para la comunidad.

9. Las medidas de tecnologías de tratamiento, ¿Cómo se seleccionaron? ¿Qué criterios se utilizaron?

R: Se hizo una revisión exhaustiva de todas las opciones para reducir olores, luego se buscaron medidas que alcanzaran la reducción exigida (70%) identificando aquellas que tenía suficiente información (de porcentaje reducción y costos), para incluirlo en el análisis. También se consideró que biodigestor es la medida más utilizada en Chile (conocida y sin mayores problemas en su aplicación en el contexto nacional) y se cuenta con costos nacionales recientes.

Para la exigencia de límite en el receptor, se obtiene el pool completo de opciones, se escoge túnel y biofiltro ya que se busca la medida que permita cuantificar una reducción en las modelaciones realizadas. Los pabellones son una fuente que se maneja y modela y se puede estimar la reducción de emisiones (no se cuenta con suficiente información como para evaluar la medida de compostaje, por ejemplo). La digestión aerobia no se evalúa debido a que, los planteles grandes ya cuentan con tratamiento secundario y, por los resultados del ejercicio de modelación en 11 planteles, se identifica que la mayor parte de sus emisiones ocurren en la etapa de pabellón.

10. Hay algún límite de ou_E /m^3 que obtenga una razón B/C sea positiva

R: Mientras mayor sea el límite, más fácil será cumplirlo y se llega a un punto en el que todos los planteles cumplirán sin tener que implementar nada, por lo cual no habrá costos ni beneficios. De todas formas, un escenario que no tenga beneficios tampoco genera una razón B/C mayor a uno, que indica rentabilidad social positiva. Debido a la baja densidad poblacional alrededor de los planteles y al alto costo de las medidas tecnológicas con la cual se está modelando el cumplimiento de los límites en el receptor (i.e. sistema túnel y biofiltro), aunque el límite sea, por ejemplo 20 ou_E/m^3, los planteles tendrán que implementar, para efectos de modelación, este tipo de tecnologías que perse no presentan resultados rentables socialmente. Por lo mismo se hace hincapié a que se está modelando el peor escenario siendo que es probable que los planteles tengan otras acciones a implementar para cumplir con la exigencia, con costo mucho menor y que mejoraría el indicador de rentabilidad social.

9. Conclusiones

El presente estudio tenía como objetivo la generación de antecedentes y una evaluación económica de escenarios de regulación para la Norma de Emisión de Olores del Sector Porcino. Se busca lograr esto por medio de la creación de una base de datos nacional de planteles porcinos, por medio de la cual se estimas las emisiones de olor para los diferentes escenarios normativos asociados al Anteproyecto de norma de olores. Esto permitirá la estimación y análisis de costos y beneficios asociados a cada escenario. Los objetivos se cumplieron en su totalidad.

Se comenzó con la consolidación de una base de datos de planteles porcinos a lo largo de todo Chile. Se identificaron 104 planteles a lo largo de todo el país, y el trabajo y análisis de dicha base de datos permitió disminuir los campos "sin información", llegando a un total de 87 planteles con número de animales, los cuales son analizados a lo largo del estudio.

La unificación de la terminología permite exponer la gran variabilidad que existe en la industria porcina para la consideración de las diferentes componentes de un plantel porcino. Esto toma especial relevancia al momento de evaluar la presencia de lagunas, ya que esta es considerara una de las mayores fuentes de emisión de los planteles porcinos. Se toma una nueva clasificación que considera cuerpos de agua con purín crudo o tratado, de esta manera se busca lograr el objetivo de implementación de medidas de reducción de olores en aquellas lagunas que emitan más (ver Sección 3.2.7).

El análisis de la convergencia de instrumentos regulatorios entrega una actualización de la base de datos, pero sólo para 3 planteles, los cuales implementarán cubiertas a sus lagunas de purín crudo, debido a las exigencias que se establecen en el PPDA de la RM (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a), asociadas a la reducción de las emisiones de amoniaco. Además, por las exigencias operativas del mismo PPDA, se considera que todos los planteles de la RM tendrán sus pozos de homogenización tapados.

El Anteproyecto de norma de olores establece tres exigencias principales para los planteles, implementación de buenas prácticas operacionales, reducción en la etapa laguna y límite de concentración de olor en el receptor. La tabla a continuación presenta un resumen del análisis de planteles afectos a cada exigencia.

Tabla 9-1 Planteles afectos a las exigencias de la norma de olores, según tamaño

Exigencia	Acción que implica	Tamaño Plantel	Planteles a los que aplica la exigencia		Planteles que implementan medidas
Medidas operacionales	Cubierta a pozo de homogenización	S.I[a]	9	46	46
		Pequeño	20		
		Mediano	14		
		Grande	3		
Implementación de medida con, al menos, una eficiencia de reducción de olor de 70%, en la etapa de laguna	Cubierta en laguna	S.I[a]	17	60	60
		Pequeño	29		
	Tratamiento secundario, Biodigestor	Mediano	13		
		Grandes	1		
Límite de concentración en receptor (5 ou_E/m^3)	Sistema túnel o biofiltro en pabellón, en caso de que aplique[b]	Grandes	15	15	7

[a]Se asume que los planteles para los cuales no hay información de tamaño son pequeños y contarán con la cadena de manejo más recurrente en planteles pequeños, con pozo homogeneizador y laguna de purín crudo, ambos sin cubierta.
[b]Estas son las medidas evaluadas en el estudio, lo cual no implica que sean las únicas posibilidades para dar cumplimiento a la exigencia.
Fuente: Elaboración propia

Las medidas de reducción de olores presentadas (ver Tabla 7-12) respaldan la viabilidad de la exigencia de reducción solicitada en la norma, ya que, en promedio, hay medidas que permitirán alcanzar una eficiencia de 70% en reducción de olores (aun considerando la incertidumbre asociada).

La modelación de 11 planteles entregó información relevante con respecto al impacto que tendrían las exigencias establecidas en la norma en los diferentes planteles. Respecto de los planteles medianos y pequeños, se entenderá cumplido el límite de emisión de olor, con la verificación del cumplimiento de la reducción de olor en laguna y prácticas operacionales.. Los planteles grandes, en cambio, deben cumplir con el límite de concentración en todos sus receptores, y, como se puede observar en la tabla resumen de lo modelado, de los dos planteles que deberán implementar medidas adicionales para cumplir con esta última exigencia, sólo uno logra dar cumplimiento.

De manera adicional a los objetivos de la consultoría se realizan dos actividades de validación, primero del modelo meteorológico, lo cual permite identificar las fuentes de incertidumbre y las posibles desviaciones del resultado de la modelación. La segunda actividad es la validación del modelo de dispersión de contaminantes simplificado de Penacho Gaussiano, esto permite verificar la aplicabilidad de dicha metodología e identificar las limitantes. De esta manera se llega a la conclusión que la metodología de Penacho Gaussiano es la más adecuada para la estimación del cumplimiento para todos los planteles no modelados.

Al momento de analizar los costos para los planteles asociados a las exigencias de la normativa de olores, se puede ver que la diferenciación de planteles por número de animales no necesariamente coincide con el tamaño de la empresa dueña de dicho plantel. Para planteles grandes esta clasificación es concordante, sin embargo, en planteles de tamaño pequeño y mediano, se encuentran empresas principalmente de tamaño económico grande. Esto toma relevancia al considerar que la normativa genera exigencias que diferencian a los planteles según el número de animales, creado exigencias que conllevan mayores costos según mayor sea el tamaño del plantel (los costos de inversión y operación, en general se relacionan directamente con el número de animales del plantel, ver Tabla 7-25).

Es relevante destacar que los resultados obtenidos (tanto en los planteles modelados como los no modelados) se encuentran sujetos a cierta incertidumbre debido a las consideraciones tomadas a lo largo del análisis. Estas consideraciones se resumen en los siguientes puntos:

- Limitaciones respecto a la caracterización de planteles porcinos según información disponible.
- Limitaciones del modelo de dispersión debido a la estimación de tasas de emisión de olor a partir de factores de emisión y considerar condiciones de operación del plantel en su "peor escenario".
- Limitaciones que implica el uso de modelación perse.
- Limitaciones respecto al costo real de implementación de tecnologías y otros costos y la eficiencia de reducción de olor que se consigue.
- Limitaciones respecto a la valoración del beneficio social y el uso del método de transferencia de beneficios.
- Criterio conservador en el análisis realizado (i.e sobreestimar los costos y subestimar los beneficios)
- Entre otras…

De los resultados del análisis costo beneficio de la implementación de la norma en los planteles porcinos del país, se obtiene la rentabilidad social, expresada en el indicador razón beneficio costo, que indica que:

- Para todo tamaño de plantel, la exigencia asociada a la cobertura del pozo como también la implementación de coberturas o tecnologías en las lagunas, poseen una rentabilidad social positiva (razón B/C mayor a 1).
- Para planteles pequeños, el cumplimiento de la exigencia de cubrir laguna posee un valor muy cercano a uno.
- Respecto al cumplimiento del límite en el receptor para planteles grandes, si bien los costos superan los beneficios en gran medida, los costos de inversión y operación solo aplican a algunos planteles grandes los que poseen mayor capacidad de inversión. Además, corresponden a escenarios en donde se le imputa cierta tecnología de cumplimiento siendo que el plantel puede realizar otras acciones con costos menores.

De todas formas, los resultados del AGIES de la normativa corresponde a un antecedente en la elaboración de un anteproyecto, pero sus resultados no son vinculantes para una decisión respecto al diseño regulatorio finalmente propuesto.

Las actividades de difusión de los resultados de este estudio (ver Sección 8) resultaron exitosas en el cumplimiento del objetivo de compartir y validar la metodología utilizada para cada una de las actividades a realizar. Las preguntas realizadas a lo largo de estas actividades se centraron en dudas de casos particulares y entendimiento de la metodología, pero no hubo cuestionamiento de la metodología en sí y su uso en el análisis realizado. Si bien los valores presentados variaron a medida que se avanzaba en el estudio y en el perfeccionamiento de la información utilizada, la metodología consensuada por el equipo consultor y la contraparte técnica fue aceptada por las diferentes partes involucradas.

10. Bibliografía

Aatamila, M., Verkasalo, P. K., Korhonen, M. J., Suominen, A. L., Hirvonen, M. R., Viluksela, M. K., & Nevalainen, A. (2011). Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres. *Environmental Research*, *111*(1), 164–170. https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.11.008

Aqualogy. (2014). *Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile*.

ASPROCER. (2008). Alternativas para el manejo de purines, 1–32.

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.

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

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

Centro UC Cambio Global. (2014). *Proyección escenario línea base 2013 y escenarios de mitigación de los sectores de generación eléctrica y otros centros de transformación*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Defra. (2004). Valuation of the External Costs and Benefits to Health and Environment of Waste Management Options, 108.

Department of Water and Environmental Regulation. (2019). Guideline Odour emissions, (June).

Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson, D. E., Lassey, K. R., … Romanovskaya, A. (2006). Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. In *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEI. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (pp. 1–91).

Emery, C., Tai, E., & Yarwood, G. (2001). *Enhanced Meteorological Modeling and Performance Evaluation for Two Texas Ozone Episodes*.

Envirometrika. (2019). *Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olores para la crianza intensiva de animales*.

EPA. (2001). Emissions From Animal Feeding Operations, (68).

EPA. (2004). National Emission Inventory — Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations Draft Report. *Population (English Edition)*, 131.

EPA Victoria. (2013). Recommended Separation Distances for Industrial Residual Air Emissions, (1518), 1–17.

Estrada, J. M., Kraakman, N. J. R. B., Muñoz, R., & Lebrero, R. (2011). A comparative analysis of odour treatment technologies in wastewater treatment plants. *Environmental Science and Technology*, *45*(3), 1100–1106. https://doi.org/10.1021/es103478j

European Commission. (2015). Best Available Techniques (BAT), Reference Document for the

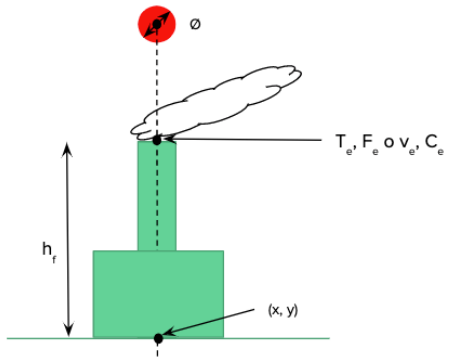
Intensive Rearing of Poultry and Pigs, (August 2015), 911.
European Commission. (2017a). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs.* https://doi.org/10.2760/020485
European Commission. (2017b). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*.
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
German Partnership for Sustainable Mobility. (2010). Clean Air - Made in Germany. Alemania.
Gobierno de España. (2017). *Guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería*.
Hayes, E. T., Curran, T. P., & Dodd, V. A. (2006). Odour and ammonia emissions from intensive pig units in Ireland. *Bioresource Technology*, *97*(7), 940–948. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.023
Hockman, O., Hwang, E.-G., & Rudzitis, G. (1976). The environmental costs of landfills and incinerators.
INE. (2017). Censo de Población y Vivienda 2017.
INIA. (n.d.). Sistemas de tratamiento de residuos ganaderos y eficiencia en la reducción de contaminantes.
Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), & Scottish Environment Protection Agency (SEPA). (2002). *Horizontal Guidance for Odour. Part 2 - Assessment and Control*.
IPCC. (2006). Volume 4, Chapter 10: Emissions From Livestock and Manure Management. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
IPCC. (2013). AR5. Physical Science Basis. Ch. 8 - Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis.* https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018
Lareau, T., & Rae, D. (1989). Valuing WTP for Diesel Odor Reductions: An Application of Contingent Ranking Technique. *Southern Economic Journal*, *55*(3), 728–742.
Liu, Z., Powers, W., & Mukhtar, S. (2014). A review of practices and technologies for odor control in swine production facilities. *Applied Engineering in Agriculture*, *30*(3), 477–492. https://doi.org/10.13031/aea.30.10493
MAGRAMA. (2010). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles del Sector Porcino*.
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*.
Ministerio de Desarrollo Social. (2018). Precios Sociales 2018.
Ministerio de Energía. (2019). Energía Abierta - Factor de Emsión SEN. Retrieved from http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/
Ministerio del Medio Ambiente. (2013). *Guía Metodológica para la elaboración de una análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire*.
Ministerio del Medio Ambiente. (2017a). Decreto 31: Establece Plan de Prevención y

Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago. https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.10.100
Ministerio del Medio Ambiente. (2017b). *Guía Metodológica de Transferencia de Beneficios*.
Ministerio del Medio Ambiente. RE N° 1536: Aprueba la estrategia para la gestión de olores en Chile, actualización año 2017 (2017).
Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1995). Decreto 93. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. (Gobierno de Chile, Ed.).
Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (2007). *Ley Nº19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente*.
POCH. (2015). Informe 3 " Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de Medidas para.
POCH. (2016). *Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de Medidas para la Reducción de Emisiones del Sector Agropecuario, en el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana de Santiago*.
Saphores, J.-D., & Aguilar-Benitez, I. (2005). Smelly local polluters and residential property values: A Hedonic analysis of four orange county (California) Cities.
Schiffman SS, Walker JM, Dalton P, Lorig TS, Raymer JH, S. D. (2004). Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *Journal of Agromedicine*, 397–403.
Scottish Environment Protection Agency (SEPA). (2010). Odour Guidance 2010, (January), 1–95.
Servicio de Evaluación Ambiental. (2012). *Guia para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*.
Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA.
SMA. Resolución Exenta 1531. Fija programa y subprogramas de fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2018 (2017).
Superintendencia del Medioambiente. (2016). Costos unitarios para la fiscalización y sanción de Planes de Descontaminación Urbanos.
Ubeda, Y., Lopez-Jimenez, P. A., Nicolas, J., & Calvet, S. (2013). Strategies to control odours in livestock facilities: A critical review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *11*(4), 1004–1015. https://doi.org/10.5424/sjar/2013114-4180
UDT. (2008). *Propuesta y Recomendaciones de Metodologías de Medición de Olores*.
Università degli Studi di Siena. (2006a). Le emissioni odorigene : una valutazione economica.
Università degli Studi di Siena. (2006b). Le emissioni odorigene: una valutazione economica.
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.
Van Elst, T., & Delva, J. (2016). The European standard prEN 16841-2 (determination of odour in ambient air by using field inspection: Plume method): A review of 20 years experience with the method in Belgium. *Chemical Engineering Transactions*, *54*, 175–180. https://doi.org/10.3303/CET1654030

11. Anexos

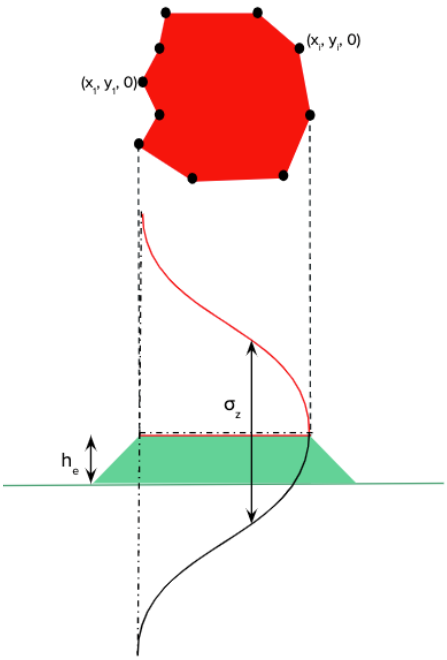
11.1 Anexo 1: Tipos de fuentes de emisión de olores en planteles porcinos

En la Figura 11-1, Figura 11-2 y Figura 11-3 se recogen las diferentes tipos de fuentes y las variables que las definen.



- Puntual:
  - Ubicación: coordenadas (x,y).
  - Altura fuente: h_f (m).
  - Diámetro punto emisión: Ø (m).
  - Flujo volumétrico (m^3/s) o velocidad emisión (m/s).
  - Temperatura emisión: T_e (ºC).
  - Concentración emisión: C_e (ou_E/m^3).

Figura 11-1 Variables que definen a una fuente puntual
Fuente: Elaboración propia



- Difusa o de área:
  - Ubicación vértices: coordenadas (x,y).
  - Altura emisión: h_e (m).
  - Tasa de emisión: ER_e (ou_E/m^2s).

Figura 11-2 Variables que definen a una fuente difusa o de área
Fuente: Elaboración propia

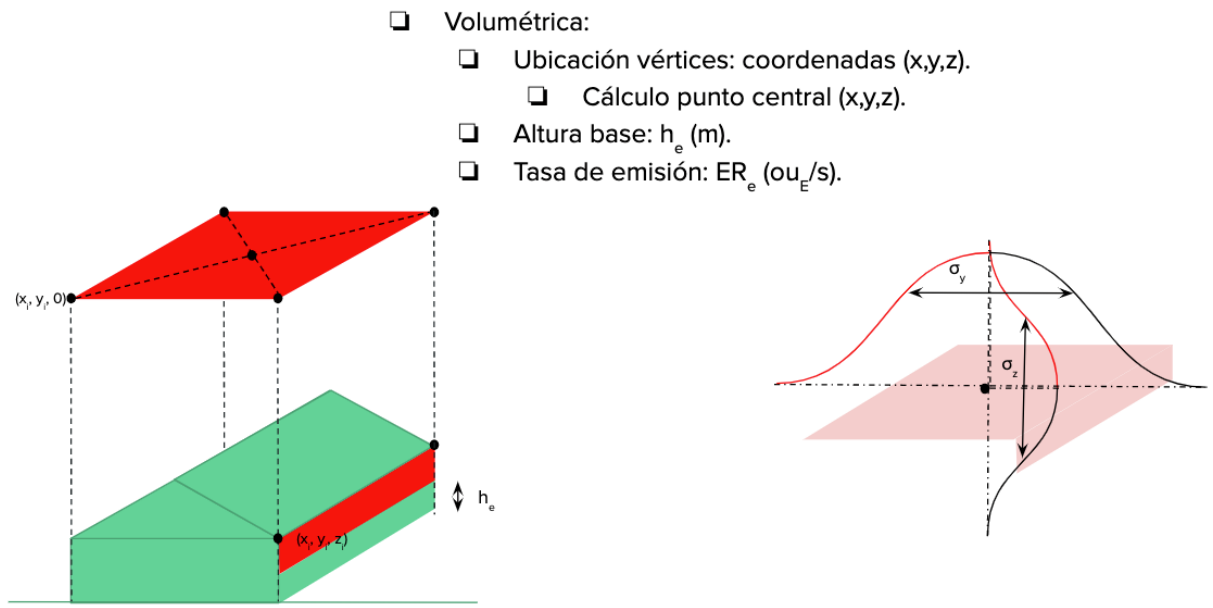


Figura 11-3 Variables que definen a una fuente difusa o de área
Fuente: Elaboración propia

11.2 Anexo 2: Pauta Entrevista Reguladores

11.2.1 Versión Español

Estimado/a,
Escribo de parte de GreenLab, área de Dictuc S.A., empresa que está a cargo del desarrollo del estudio "Análisis Económico de la Norma de Olores para Sector Porcino" para el Ministerio del Medio Ambiente en Chile. Debido a que el Ministerio se encuentra elaborando la primera norma de olores para planteles porcinos en Chile, el cual como requisito legal antes de su publicación como anteproyecto (Noviembre 2019) debe contener un análisis económico de sus exigencias.

Por lo anterior, como parte del desarrollo de esta consultoría queremos indagar en el proceso relativo al diseño, evaluación, implementación y seguimiento de normativa de olores, en la experiencia de otros países como xxxx. Bajo este contexto, XXXXXXXXX, nos facilitó su contacto con el objetivo de poder tener la visión y experiencia del ente regulador en este proceso.

Le agradeceríamos nos ayudara, contestando, de la manera más completa posible, las siguientes preguntas.

- ¿En su país tienen la necesidad (regulatoria u otra) de evaluar los costos y/o beneficios de una normativa ambiental? Si la respuesta es sí, por favor indicar dónde se origina esta necesidad.
- Sin importar la respuesta anterior ¿Se realiza análisis de costos y/o beneficios para normativas ambientales? ¿Por qué?

Específicamente asociado a la normativa de olores en su región o país;

Parte A. Consultas generales:

- ¿Cuáles fueron los principales factores (molestias de olor, reclamos, salud humana, etc.) que gatillaron la necesidad de establecer una normativa de olores?
- En el diseño de la norma de olores, ¿En qué se basaron para la determinación del valor de la norma? ¿Por qué? (Por favor adjuntar documentación asociada)
    - ¿Hay consideraciones o valores especiales para la industria de crianza porcina? Si la respuesta es sí, ¿Por qué?
- ¿Cómo se monitorea el cumplimiento de la normativa de olores?
- En caso de utilizar modelación para cumplimiento normativo de olores. ¿Cómo es el procedimiento para entrega de datos modelados al fiscalizador?
- ¿Se ha realizado alguna evaluación del impacto de la normativa, posterior a su implementación? Si la respuesta es afirmativa agradeceremos que nos envíen documentos o información asociada.

Parte B. Costo/Beneficios de la norma

- ¿Se realizó un análisis de costos y/o beneficios asociados a la normativa de olores? Ya sea formal o informal, cuantitativo o cualitativo

Si la respuesta es afirmativa:

1. Si es posible, por favor adjuntar la documentación asociada a dicho análisis, tanto para costos como beneficios, ¿Cómo se consideran los costos? ¿Cómo se consideran los beneficios?
2. ¿Se consideraron estos análisis al momento de diseñar la normativa? ¿Por qué? ¿Cómo se consideraron? ¿En qué se basaron para la realización de dicho análisis (experiencia de otros países, estudios, etc.)?

Si la respuesta es negativa:

1. ¿Por qué no se realizó?
2. ¿Se planteó en algún momento la necesidad de analizar costos y/o beneficios de la implementación de la norma? ¿En qué instancia (diseño, implementación, evaluación, etc.)? ¿Quién levantó dicha inquietud (una organización, empresa, el gobierno, etc.)?
3. En su opinión ¿Cuáles serían para usted los principales costos y beneficios a considerar para una evaluación costo beneficio de una normativa de olores?

Agradeceremos puedan enviarnos su respuesta y cualquier análisis económico relacionado con la norma que nos pudieran entregar para hacer un análisis de su metodología. En el caso de que tengan disponibilidad se podría realizar la entrevista de manera telefónica, por Skype.

11.2.2 Versión Ingles

Dear Mr/Mrs,
I contact you on behalf of GreenLab, Dictuc, a company associated to the Pontifical Catholic University of Chile and oversees the economic analysis for odor regulation in the pig production sector. This study is for Chile's Ministry of Environment, because they are developing the first odor regulation for pig production in the country, which has the legal prerequisite, before the draft of the regulation is made, of an economic evaluation of the impacts of said regulation.

In the context of this study, as a part of one of the specific activities, we want to understand the process behind the design, evaluation, implementation and follow up of odor regulation, in countries with odor regulation.

We would greatly appreciate it if you could help us by answering the following questions:

- Does your country require (regulatory obligation or other) to evaluate the costs and benefits of environmental regulation? If the answer is yes, please explain where this requirement comes from.
- Without considering the previous answer, does your country make a cost benefit analysis for environmental regulation? Why?

Regarding odor regulation in your country or region;

Part A. General inquiries:

- What was the justification for establishing your standard? (e.g. nuisance avoidance, reducing complaints, concern for human health, etc.)
- In the design of the odor regulation, how was the value of the regulation determined? Why? (Please attach any related documentation)
    - Are there any special considerations or specific values for the pig industry? If the answer is yes, why?
- How do you monitor regulatory compliance?
- In case you use odor modelling for regulation compliance, what is the procedure for delivery of the modelling data for inspection?
- Have you ever done impact analysis of a regulation, after its implementation? If the answer is yes, we would greatly appreciate it if you could send us the information or documents associated.

Part B. Costs/Benefits of the regulation

- Was a cost and/or benefit analysis done regarding the odor regulation? Either formal or informal, quantitative or qualitative.

If the answer is yes:

1. If it's possible, please attach any documents regarding said analysis, for costs as well as benefits,
   How are the costs considered? How are the benefits considered?
2. Where these analyses considered when the regulation was designed? Why? How where they considered? What where these analyses based on (international experience, studies, etc.)?

If the answer is no:

1. Why was this analysis not done?
2. Was the need of cost benefit analysis ever proposed? During which part of the process (design, implementation, evaluation, etc.)? Who proposed it (an organization, company, the government, etc.)?
3. In your opinion, what would be the main costs and benefits to consider in a cost benefit analysis of odor regulation?

We would greatly appreciate if you could send us your answers and any economic analysis done, regarding the regulation, to analyze the methodology used. In case you have the time, we could have this interview by phone call, via skype.

11.3 Anexo 3: Resumen de respuestas recibidas

11.3.1 Australia

No han realizado evaluaciones costo beneficio de estas normativas, pregunta en el Departamento y nadie identifica quién podría haber realizado este tipo de análisis.

Recomienda el contacto con el Departamento de Tesorería para ver si se realizó algún análisis a nivel de la inversión requerida. También se recomienda el contacto con Australian Pork, la Asociación nacional para el sector porcino (http://australianpork.com.au/about-us/contact/).

Entrega la siguiente documentación:

- National Environment Piggery Guideline (Lineamientos nacionales). http://australianpork.com.au/industry-focus/environment/national-environmental-guidelines-for-piggeries/
- Guideline: Odour Emissions https://www.der.wa.gov.au/our-work/licences-and-works-approvals/541-guideline-odour-emissions

Se responde con preguntas adicionales acerca del tipo de análisis que podría haber realizado el Departamento de Tesorería, se plantea el interés desde el punto de vista de inversión pública, sin embargo, se plantea que los lineamientos son voluntarios, no obligatorios, por lo cual la evaluación cuantitativa tampoco es posible.

¿Qué información se analizó para la definición de la regulación?
La finalidad de la regulación es permitirles a operadores y gestores de cerdos la producción bajo condiciones específicas que aseguren el bienestar de los animales con un impacto mínimo en el medio ambiente y la población. Por este motivo se basan en mejores prácticas desde el punto de vista de la producción y mejores tecnologías disponibles y técnicas de gestión desde el punto de vista de contaminantes.

Así, se controlan las emisiones al agua, suelo y aire, con equipos de mitigación de estas emisiones y la gestión adecuada en frecuencia diaria. Para olores, polvo y ruido la distancia de separación son parámetros críticos. En particular para olores, los aspectos críticos son el concepto de ingeniería de almacenamiento y sistemas de manejo de purín in situ.

Actualmente Australia Oeste no acepta criterios de modelación (antes sí lo incorporaba y establecía límites de concentración), sólo exige buenas prácticas. Esto se define debido a la gran incertidumbre asociada a la modelación y su carácter acumulativo de esta incertidumbre en los inputs de la modelación como el muestreo, mediciones de concentración de olor, muestreo de fuentes aereales de emisión, fuentes volumétricas de emisión, flujo de aire, selección del modelo a utilizar, tiempos de muestreo, características climáticas y temporales representativas, entre otros.

11.3.2 Reino Unido

Establece que sus respuestas no representan la visión del país, sino su visión como experto técnico en el tema.

En general la normativa nacional se basa en directivas Europeas, pero como consejero técnico no tiene mucha exposición para el diseño y desarrollo de estas normativas. Su involucramiento se centra principalmente en la implementación de normativa ya diseñada, esto a veces puede implicar evaluaciones de impacto económico.

Documentos entregados:

- Documento de lineamientos para la consideración de impactos en la industria https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516317064?via%3Dihub

En el Reino Unido, la contaminación por olores está regulada por múltiples leyes. Para los sitios industriales y de desechos regulados por la Agencia de Medio Ambiente, la legislación pertinente y los objetivos de esas regulaciones se derivan de las directivas europeas.

Hay bastantes objetivos, pero los relevantes para el olor son: prevenir la contaminación inaceptable; utilizando todos los métodos apropiados para el control de la contaminación; y prevenir daños a la salud humana.

Existen claras implicaciones para la salud humana debido a la exposición a olores. Sin embargo, en general es bastante difícil establecer un vínculo claro con la salud humana en casos específicos. Por lo tanto, casi siempre regulamos contra todos los métodos apropiados o la contaminación inaceptable. La justificación principal de esta regulación, por lo tanto, es evitar la molestia pública.

Los sitios permitidos pueden causar contaminación siempre que estén utilizando métodos apropiados o las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) para controlar esa contaminación. BAT es a la vez un estándar de la industria, como se describe en varios documentos de referencia europeos BAT (BREFS) y un estándar específico del sitio que es proporcional al nivel de contaminación que se está causando o es probable que se cause. Esto significa que un sitio potencialmente oloroso cerca de los receptores puede tener que aplicar controles más rigurosos que uno sin vecinos cercanos.

- En el diseño de la norma de olores, ¿En qué se basaron para la determinación del valor de la norma? ¿Por qué? (Por favor adjuntar documentación asociada)

No existen valores específicos para la contaminación por olores provistos en nuestra legislación u orientación.
En nuestra guía H4, tenemos una serie de valores de "punto de referencia" indicativos para exposiciones modeladas. Sin embargo, estos están ahí para ayudar a guiar las decisiones, en lugar de especificar límites estrictos. Antes de la publicación de la guía actual de H4 en 2011, utilizamos rutinariamente niveles de exposición modelados como un medio principal para informar las decisiones de autorización, pero esto no demostró ser un enfoque efectivo. El mayor problema fueron los términos para determinar las fuentes (niveles de emisiones), los cuales eran optimistas y poco realistas, los cuales no podían medirse o no fueron medidos. Estos niveles de referencia se basaron libremente en la investigación de molestias por olor realizada en otras partes de Europa en granjas porcinas.

  - ¿Hay consideraciones o valores especiales para la industria de crianza porcina? No ¿Por qué?

- ¿Cómo se monitorea el cumplimiento de la normativa de olores?

Por lo general, una autoridad local recibirá una queja e investigará, aunque deben priorizar a qué informes responden y tienden a llevar relativamente pocos casos a los tribunales para su cumplimiento.
Para los sitios industriales y de desechos permitidos, la Agencia de Medio Ambiente realiza inspecciones y auditorías de rutina, así como investigaciones en respuesta a los informes de la comunidad.
Los planes de gestión de olores juegan un papel clave para facilitar auditorías rápidas y eficientes, pero este enfoque ha resultado problemático. En parte, esto se debe a que los operadores

generalmente son reacios a incluir compromisos auditables con medidas específicas de control de olores.

- En caso de utilizar modelación para cumplimiento normativo de olores. ¿Cómo es el procedimiento para entrega de datos modelados al fiscalizador?

El modelado no es una herramienta adecuada para el cumplimiento normativo, las predicciones de impacto absoluto suelen ser muy pobres por diversas razones. Más bien, puede ser útil para predecir impactos en sitios que aún no se han construido o están siendo modificados. También puede ser útil para evaluar los beneficios relativos de varias opciones.

- ¿Se ha realizado alguna evaluación del impacto de la normativa, posterior a su implementación? Si la respuesta es afirmativa agradeceremos que nos envíen documentos o información asociada.

En Inglaterra tenemos un excelente sistema para recibir y registrar informes de contaminación del público.

Parte B. Costo/Beneficios de la norma

- ¿Se realizó un análisis de costos y/o beneficios asociados a la normativa de olores? Ya sea formal o informal, cuantitativo o cualitativo

No. Es bastante difícil separar los costos regulatorios de la contaminación por olores. En parte, esto se debe a que el olor a menudo se asocia con otros problemas operativos. Nuestros esfuerzos regulatorios a menudo se centran en corregir las causas de la contaminación por olores, en lugar de la contaminación por olores en sí.

Sin embargo, para sitios individuales donde la solución reguladora no es evidente, los sitios con olor pueden ocupar una gran cantidad de tiempo de oficiales.

Del mismo modo, los beneficios también son difíciles de cuantificar. Por un lado, los niveles generales de contaminación por olores en Inglaterra son irregulares y muy altos. No hay una tendencia aparente a la baja. Sin embargo, es imposible decir cuánto hubieran sido los niveles de contaminación sin nuestra intervención reguladora. Los éxitos pueden incluir:

- Negarse a permitir un sitio que no usaría métodos apropiados o que podría causar una contaminación de olor inaceptable;
- Revocar un permiso para un sitio que estuvo constantemente fuera de cumplimiento o causó una contaminación inaceptable que no pudo ser corregida;
- Acción de cumplimiento proporcional para corregir las malas prácticas en un sitio oloroso;
- Educar a los operadores e informarles sobre las mejores prácticas en su sector para que realicen mejoras por iniciativa propia; y
- Aumento de los cargos e inspecciones más frecuentes para sitios de bajo rendimiento.

Si la respuesta es afirmativa:

1. Si es posible, por favor adjuntar la documentación asociada a dicho análisis, tanto para costos como beneficios, ¿Cómo se consideran los costos? ¿Cómo se consideran los beneficios?
2. ¿Se consideraron estos análisis al momento de diseñar la normativa? ¿Por qué? ¿Cómo se consideraron? ¿En qué se basaron para la realización de dicho análisis (experiencia de otros países, estudios, etc.)?

Si la respuesta es negativa:

1. ¿Por qué no se realizó?

Los costos son imposibles de separar de otros objetivos regulatorios.

2. ¿Se planteó en algún momento la necesidad de analizar costos y/o beneficios de la implementación de la norma? ¿En qué instancia (diseño, implementación, evaluación, etc.)? ¿Quién levantó dicha inquietud (una organización, empresa, el gobierno, etc.)?

No. Supongo que la UE habría hecho algún tipo de análisis de costo-beneficio, pero lo habría hecho a un nivel muy alto. Las directivas de la UE nuestras regulaciones se basan en cubrir tipos muy amplios de sitios y diferentes tipos de contaminación. Cualquier análisis de costo beneficio no hubiera sido específico del olor.

3. En su opinión ¿Cuáles serían para usted los principales costos y beneficios a considerar para una evaluación costo beneficio de una normativa de olores?

Los costos y beneficios de la regulación del olor son muchos y variados. Muchos de estos también son extremadamente difíciles de cuantificar.

Salud humana: Peso adecuado a lo que entiendo que es la "vía psicosomática". Por ejemplo, el olor causa estrés y el estrés causa o hace que las personas sean más vulnerables a las enfermedades.

Impactos económicos: Algunas actividades comerciales, como campamentos de vacaciones, turismo y restaurantes son particularmente sensibles a la contaminación por olores.

Calidad percibida de los vecindarios: Puede hacer que las personas aspiren a abandonar un área, en lugar de invertir en ella y convertirla en un mejor lugar para vivir.

Capacidad de respuesta percibida del gobierno: El olor tiende a ser un problema muy local porque viaja una distancia relativamente corta antes de disiparse. Sin embargo, puede haber bastantes problemas locales individuales en todo el país y muchas personas se verán afectadas. Es una gran preocupación para muchas personas, como lo demuestra la gran cantidad de informes que recibimos.

También hay costos basados en el sitio asociados con el control efectivo del olor: infraestructura, costos de mantenimiento, e incluso la alteración de los planes de negocios. Algunos países (como Canadá y al menos un estado australiano) utilizan distancias de retroceso para controlar la

contaminación por olores. Sin embargo, en un país más densamente poblado como Inglaterra, eso limitaría severamente dónde podrían tener lugar actividades malolientes. También es importante que las medidas introducidas para controlar la contaminación por olores no causen otros problemas. Por ejemplo, poner una operación dentro de un edificio puede proporcionar opciones de contención y reducción, pero las condiciones para los trabajadores podrían verse seriamente comprometidas.

11.3.3 Alemania

En Alemania se cuenta con un requerimiento general (Federal Immission Control Act), que indica que toda medida a implementar debe seguir el principio de proporcionalidad, lo cual implica que se deben tener en cuenta los costos y beneficios. Al establecer las mejores prácticas para tecnologías de abatimiento se debe seguir este principio.

No se considera que el olor tenga relación con salud humana, pero sí puede ser causante de disgusto o náuseas. Es estos casos las autoridades competentes deben reaccionar inmediatamente a reclamos y existe la posibilidad de que se clausure la instalación.

En el Federal Immission Control Act se establece que el público debe ser protegido contra malestar severo. Esto cubre olores y es la justificación para el Desarrollo de una herramienta de regulación.

Para el establecimiento de la regulación de olores se realizó una gran investigación, con entrevistas cara a cara con residentes que viven en áreas con diferentes exposiciones al olor, acerca de los efectos y evaluación del olor. Se llevaron a cabo mediciones de exposición al olor y en el análisis de la información se encontró una correlación entre la exposición del olor (expresada como frecuencias de olor en horas, en un año) y el nivel de molestia por olor en los residentes.

Se tienen especificaciones especiales para el sector porcino, ya que se encontró una correlación entre la exposición de olor de planteles de crianza intensiva de animales (cerdos, vacuno, etc.) y el nivel de molestia por olor en los residentes. Esta correlación origina factores ponderadores para cerdos de engorda y reproducción.

Se monitorea el cumplimiento por medio de olfatometría, siguiendo las normas EN 13725, VDI 3880 and VDI 3884. Se utiliza la modelación de la dispersión de olor para calcular la exposición de olor en áreas residenciales. En el caso de que se realice modelación los productores contactan a consultoras para que realicen la modelación, se utiliza un modelo Lagrangeano de partículas, adaptado para olores. El productor entrega la información de la autoridad competente y esta decide la acción a tomar a continuación, en algunos casos se puede involucrar a expertos para revisar la información.

Se realizan análisis de impacto de la regulación de manera regular. Si la regulación de olores es parte del permiso de la instalación, se deben realizar mediciones de olor cada año o cada tres años. En algunos casos puede requerir modelación de dispersión y en otros se deben realizar mediciones en terreno.

La regulación de olores alemana se llama "Detection and Assessment of Odour in Ambient Air (Guideline on Odour in Ambient Air – GOAA)". Se desarrolló en los 80-90, la primera versión implementada fue en el año 1993 y se realizaron modificaciones en 1998 y 2008. En la versión actual del 2008 se incorporó una regulación especial para planteles de crianza intensiva de animales, basada en la correlación entre exposición a olor y nivel de molestia. Actualmente se cuenta con más de 25 años de experiencia en el sistema de regulación de olores.

2. ¿Se consideraron estos análisis al momento de diseñar la normativa? ¿Por qué? ¿Cómo se consideraron? ¿En qué se basaron para la realización de dicho análisis (experiencia de otros países, estudios, etc.)?

Al diseñar la regulación, no hubo un énfasis en los costos. Lo primero que se requiere es un método y Sistema regulatorio con valores límites en el medio ambiente. Valores límites en emisión de olores a menudo son confusas ya que no siempre hay un link directo a la exposición de olores en el ambiente.

Cuando la autoridad competente concluye que se debe reducir la exposición de olores en el ambiente, se debe llevar a cabo una evaluación para definir posibles medidas. Estas medidas pueden ser simples (cerrar ventanas o filtraciones), más complejas o sofisticadas (técnicas de abatimiento). En ocasiones, pequeñas modificaciones en comportamiento o en producción pueden tener una gran influencia en la exposición de olor.

En la actualidad se está trabajando en maneras alternativas de crianza intensiva de animales con instalaciones y espacios abiertos. La guía utilizada el día de hoy es VDI 3896 Parte 1 "Emissions and immissions from animal husbandries - Housing systems and emissions - Pigs, cattle, poultry, horses", y Parte 2 "Emissions from and impacts of livestock operations - Method to determine separation distances – Odour". Sin embargo, las distancias de separación no son muy utilizadas ya que en casos judiciales se requiere modelación de la dispersión.

11.3.4 Dinamarca

Documentos entregados:

- Directrices Generales ambientales sobre la emisión de olores de las industrias en Dinamarca: https://eng.mst.dk/trade/industry/industrial-air-pollution/regulation-ofindustrial-air-pollution/

Cuando se propone una ley en el Parlamento Danés es obligatorio para el gobierno presentar una evaluación de las consecuencias económicas de dicha ley para ciudadanos, las empresas, autoridades locales y para el Estado.

La regulación de olores para la crianza intensiva de animales se cuenta con el "Act on livestock farming and the use of fertilizers" y la regulación de olores para la crianza de animales se desvía de la regulación de empresas en general. La regulación es igual para todos los tipos de crianza de animales (cerdos, vacuno, pollos, etc.).

El 2007 se modifica la regulación para que sea más severa, debido a la continua y creciente presión de los vecinos que sienten molestias de olor por planteles de crianza de animales. La regulación, antes de ser introducida, fue trabajada por un comité político.

Las Municipalidades son la autoridad Ambiental para emitir permisos y realizar inspecciones de planteles de crianza animal. Planteles grandes son inspeccionados al menos cada tres años y planteles pequeños al menos cada 6 años. No se realizan mediciones de olor como parte de la inspección, sino que se valida el cumplimiento cuando se cumplen las condiciones del permiso (número máximo de animales, tipo de animales, sistema de pabellón, etc.), ya que estos parámetros son utilizados en la estimación de las emisiones de olor esperadas, al momento de emitir el permiso.

Se realiza modelación inicial de olores para postular a un permiso, utilizando como input número de animales y sistemas de pabellón que entrega el productor o el consultor contratado por el productor. Es obligación la entrega de la postulación al permiso por vía sistema digital, en el cual se realizan todos los cálculos.

En general no se realiza análisis del impacto de una regulación posterior a su implementación.

Antes de introducir por primera vez la regulación en el 2007, se estimaron los costos (cerca de 10 millones DKK anuales para los productores en total). Se esperaba un efecto económico positivo para los manufacturadores de tecnologías para la reducción de los impactos de la ganadería al medio ambiente. Sin embargo, no se cuantifica este efecto, y solo algunas tecnologías tienen un efecto, bien documentado, efecto de reducción en emisiones de olor (las tecnologías se pueden ver en el siguiente link:
https://eng.mst.dk/trade/agriculture/environmental-technologies-for-livestock-holdings/air-cleaning/).

11.4 Anexo 4: Medidas de reducción de emisiones

La generación de antecedentes para la normativa de olores para el sector porcino tiene un importante factor de la identificación de la tecnología disponible, así también como sus características de eficiencia, costo y limitaciones, lo cual determinará la aplicabilidad, efectividad y costo total de la normativa a implementar.

Por este motivo se realiza una revisión bibliográfica, tanto nacional como internacional, para la identificación de las mejores técnicas disponibles para la reducción de emisiones de olor.

Los documentos nacionales revisados son:

- Antecedentes Técnicos para la Elaboración de la Norma de Emisión de Olores para la Crianza Intensiva de Animales (Envirometrika, 2019)
- Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de Medidas para la Reducción de Emisiones en el Sector Agropecuario, en el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana de Santiago (POCH, 2016)
- Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile (Aqualogy, 2014)
- Propuesta y Recomendaciones de Metodologías de Medición de Olores (UDT, 2008)
- RE N° 1536: Aprueba la estrategia para la gestión de olores en Chile, actualización año 2017 (Ministerio del Medio Ambiente, 2017c)
- Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA (Servicio de Evaluación Ambiental, 2017)
- Alternativas para el manejo de purines (ASPROCER, 2008)
- Sistemas de tratamiento de residuos ganaderos y eficiencia en la reducción de contaminantes (INIA, n.d.)

Los documentos internacionales revisados son:

- Best Available Techniques (BAT): Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. (European Commission, 2017b)
- Guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería (Gobierno de España, 2017)
- Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4 , Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol (Dong et al., 2006)
- National Emission Inventory—Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations, (EPA, 2004)[34]

[34] Si bien este documento es para amoniaco, las medidas de reducción de amoniaco generalmente tienen el cobeneficio de reducción de olores

- Emissions From Animal Feeding Operations (EPA, 2001)
- Horizontal Guidance for Odour. Part 2 - Assessment and Control (Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) & Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2002)
- Odour Guidance 2010 (Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2010)
- A review of practices and technologies for odor control in swine production facilities (Liu, Powers, & Mukhtar, 2014)
- Strategies to control odours in livestock facilities: A critical review (Ubeda, Lopez-Jimenez, Nicolas, & Calvet, 2013)

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 "NORMOL - Medidas de reducción de olores.xlsx". Adicionalmente se generan fichas resumen, en las subsecciones a continuación se presentan las principales medidas analizadas.

De manera previa se debe identificar la nomenclatura a utilizar, de manera de poder comprender las definiciones y especificaciones, tanto nacionales como internacionales. Es relevante conocer las diferencias de las metodologías[35] de manera de unificar la información y presentarla de manera consolidada en la base de datos y las fichas resumen a generar en el presente estudio. La Tabla 11-1 presenta la conceptualización de las etapas de la cadena de manejo del purín, para la Comisión Europea y para Chile.

[35] Se refiere a diferencias en etapas, nombres de medidas, consideraciones de costo, reducciones, etc.

Tabla 11-1 Comparación del esquema de producción porcina para Chile y Europa

Etapa	Europa	Chile
Alojamiento de animales	Unidades físicas, llamadas pabellones, en cuyo interior permanecen durante el ciclo de vida los animales de producción, ya sea para fines reproductivos y/o de consumo. También se almacenan residuos generados por los animales por períodos largos durante la crianza.	Unidades físicas, llamadas pabellones, en cuyo interior permanecen durante el ciclo de vida los animales de producción, ya sea para fines reproductivos y/o de consumo. En esta etapa no hay almacenamiento de residuos.
Tratamiento de purines	Manejo y tratamiento de los residuos generados durante la producción de cerdos, es decir, solo ocurre un procesamiento de los residuos, sin almacenamiento.	Manejo, tratamiento y/o almacenamiento de los residuos generados durante la producción de cerdos. a. Sin tratamiento b. Tratamiento primario: Tratamiento previo a la disposición final de los residuos. c. Tratamiento secundario: procesos para la degradación de la materia orgánica a través de la digestión (aeróbica o anaeróbica) o sistemas biológicos (Biofiltro, Lombrifiltro, etc.).
Disposición de residuos	Uso final de los residuos, ya sean líquidos o sólidos, generados a través del proceso de producción o crianza de animales y del tratamiento de los purines. La disposición de residuos suele ser directa en suelo.	Uso final de los residuos, ya sean líquidos o sólidos, generados a través del proceso de producción o crianza de animales y del tratamiento de los purines. La disposición de residuos suele ser directa en suelo. a. Destino fracción sólida b. Destino fracción líquida c. Otros residuos: manejo o disposición de animales muertos.
Referencia	(European Commission, 2017b)	(Envirometrika, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que, la principal diferencia entre ambos esquemas es la conceptualización de la etapa de tratamiento de purines ya que, para Chile, esta etapa considera el almacenamiento, y se definen los tipos de tratamiento. Esta definición de tratamiento toma especial relevancia para la correcta implementación de la normativa de olores debido a que se establece que la reducción de emisiones de olor deberá ser en la etapa de tratamiento del purín.

A continuación, se presenta un resumen de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) encontradas en la literatura, con las principales características de eficiencia de reducción de olores y costos.

Tabla 11-2 Eficiencia y costos de medidas de reducción de olores

Nombre medida			Eficiencia de reducción olor	Costo de inversión	Métrica costo de inversión	Costo de operación	Métrica costo de operación	Año de referencia[a]	Fuente
Sistema de limpieza en pabellón	Sistema de limpieza - Rastra		20 a 30%	17.20	USD/cerdo	S.I		2018	(Agrícola Súper Ltda., 2018.)
			20 a 30%	24.40	USD/m^2	S.I		2018	
	Sistema Túnel		33 a 82%	18.90	USD/cerdo	S.I		2018	
			33 a 82%	27.20	USD/m^2	S.I		2018	
Separación sólido-líquido	Separador estacionario		S.I	30,000	USD	2,000	USD/año	2008	(ASPROCER, 2008)
	Prensa tornillo / tambor rotatorio		S.I	40,000	USD	1,000	USD/año	2008	
	Separación mecánica		hasta 50%	Medio - Alto		S.I		2019	(Generalitat Valenciana. 2008)
Cubierta flotante	Cubierta para laguna anaeróbica		44 a 82%	25.00	USD/m^2	S.I		2018	(Agrícola Súper Ltda., 2018.)
	Geomembrana		S.I	7,266	CLP/m^2	S.I		2019	Maxagro 2019
	baldosas geométricas de plástico		80 a 96%	35 a 40	€/m^2	S.I		2010	(European Commission, 2017a)
	baldosas geométricas de plástico con carbón activado		mayor a 94%	123	€/m^2	S.I		2010	
	discos plásticos		S.I	0.47	UF/m^2	S.I		2018	Cotización 2018
	Cubierta flexible	500 m3	hasta 90%	34	€/m^2	2.7	€/m^3/año	2011	(European Commission, 2017a)
		1,000 m3	hasta 90%	S.I		2.14	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	hasta 90%	S.I		1.66	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	hasta 90%	16	€/m^2	1.47	€/m^3/año	2011	
	Baldosa plástica geométrica	500 m3	80 a 96%	39.5	€/m^2	2.42	€/m^3/año	2011	
		1,000 m3	80 a 96%	S.I		2.11	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	80 a 96%	S.I		1.73	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	80 a 96%	39.5	€/m^2	1.6	€/m^3/año	2011	
	Material abultado liviano	500 m3	S.I	10.2	€/m^2	2.03	€/m^3/año	2011	
		1,000 m3	S.I	S.I		1.73	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	S.I	S.I		1.43	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	S.I	7.6	€/m^2	1.3	€/m^3/año	2011	
	Paja	500 m3	40 a 90%	S.I		2.2	€/m^3/año	2011	
		1,000 m3	40 a 90%	S.I		1.86	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	40 a 90%	S.I		1.49	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	40 a 90%	S.I		1.35	€/m^3/año	2011	
	Cubierta flotante - LECA		90%	2.1.75	€/m^2	S.I		2010	
	Cubierta flexible flaguna		S.I	11.5	€/m^2	1.34	€/m^3/año	2011	

Nombre medida			Eficiencia de reducción olor	Costo de inversión	Métrica costo de inversión	Costo de operación	Métrica costo de operación	Año de referencia[a]	Fuente
Cubierta rígida	Cobertura rígida		S.I	0.077	UF/m^2	S.I		2018	Cotización 2018
			80 a 90%	10	€/ton cerdo producida	S.I		2017	(European Commission, 2017a)
	Cubierta de concreto	500 m3	S.I	S.I		2.74	€/m^3/año	2011	
		1,000 m3	S.I	S.I		2.38	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	S.I	S.I		1.96	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	S.I	S.I		1.82	€/m^3/año	2011	
Cubierta flexible	Carpa	500 m3	S.I	100	€/m^2	3.67	€/m^3/año	2011	
		1,000 m3	S.I	S.I		2.74	€/m^3/año	2011	
		3,000 m3	S.I	S.I		2	€/m^3/año	2011	
		5,000 m3	S.I	46	€/m^2	1.74	€/m^3/año	2011	
	Cubierta geotextil		50 a 90%	1.45 a 2.45	€/m^2	S.I		2008	(Generalitat Valenciana. 2008)
	Cubierta tejida		50 a 90%	0.95 a 1.1	€/m^2	S.I		2008	
	Cubierta de ensilado		50 a 90%	0.17 a 0.24	€/m^2	S.I		2008	
Biofiltro o Scrubber en pabellón	Biofiltro Biológico		desde 90%	58 a 64	€/cerdo	10 a 12	€/cerdo/año	2010	(German Partnership for Sustainable Mobility, 2010)
	Biofiltros salida pozos purineros	Biofiltro	desde 90%	S.I		3,500 a 7,000	USD/año	2019	(BIOTEG. 2019)
		Filtro carbón Activo	desde 90%	S.I		1,600 a 3,200	USD/año	2019	
	Biofiltro		84 a 97%	59 a 64	€/cerdo	5.1 a 6.3	€/cerdo/año	2017	(European Commission, 2017a)
	Biofiltro	Biofiltro bajo tierra, trata 15,000 CFM 1	70 a 95%	S.I		S.I		2001	Goodrich et al, 2001
		Medio de paja de porotos y compost	78%	S.I		S.I		1999	Herber and Jones, 1999
		Biofiltro compost, en maternidad	95%	S.I		S.I		1999	Herber and Jones, 1999
		Chips madera, húm 72%, EBRT=3.7-5.5s	51%	S.I		S.I		2012	Chen and Hoff, 2012
		Chips madera, húm 60%, EBRT= 7.3s	70.1 a 82.3%	S.I		S.I		2009	Chen et al, 2009

Nombre medida			Eficiencia de reducción olor	Costo de inversión	Métrica costo de inversión	Costo de operación	Métrica costo de operación	Año de referencia[a]	Fuente
		Chips madera, húm 64-69%, EBRT=2-5s	77 a 95%	S.I		S.I		2012	Sheridan et al, 2012
		Fibras de coco, EBRT=3 - 40s	78 a 80%	S.I		S.I		2001	Hartung et al, 2001
		70:30 chips madera y compost, húm 54.7%	hasta 78%	S.I		S.I		2001	Nicolai and Janni, 2001
		Compost/paja poroto, EBRT=8.8 s	78%	S.I		S.I		1997	Nicolai and Janni, 1997
		Ventilación mecánica, cerdos/aves	hasta 95%	S.I		S.I		2011	Schmidt et al, 2011
		% Depende de lecho filtrante	88 a 99%	S.I		S.I		2013	Ubeda et al, 2013
	Scrubber biológico		45%	S.I		S.I		2006	VROM, 2006
	Scrubber combinado		70 a 80%	S.I		S.I		2006	VROM, 2006
	Scrubber químico		30%	S.I		S.I		2013	Ubeda et al, 2013
	Scrubber húmedo		27 a 66%	S.I		S.I		1999	Herber and Jones, 1999
	Scrubber (Skov)		28 a 54%	S.I		S.I		2011	Jensen y Hansen, 2011
	Biotrickling/Bioscrubbers		45 a 76%	40 a 50	€/cerdo	10 a 12	€/cerdo/año	2010	Melse et al. 2010
	3,000 cerdos de engorda 255,000 m^3/h		40 a 77%	61 a 65	€/cerdo	10 a 12	€/cerdo/año	2010	(European Commission, 2017a)
	4,200 cerdos de engorda		40 a 77%	50	€/cerdo	12	€/cerdo/año	2010	
Tratamiento de la fracción sólida del purín	Compostaje		25 a 50%	Medio - Alto		S.I		2019	(MAGRAMA, 2010)
			S.I	0.01 a 0.02	€/kg cerdo producido	S.I		2010	(European Commission, 2017a)
Tratamiento secundario	Sistema Atomización agentes neutralizantes		desde 50%	5,000	USD/100 m	10 a 14	USD/h/100m	2019	(TSG. 2019)
	Tratamiento biológico nitrificación – desnitrificación		% medio alto	0.5 a 2.1	€/ton	S.I		2019	(BREF. 2017)

Nombre medida		Eficiencia de reducción olor	Costo de inversión	Métrica costo de inversión	Costo de operación	Métrica costo de operación	Año de referencia[a]	Fuente
	Procesamiento biológico aeróbico de purín en configuración de tanques en serie	Efluente sin olor	80,000 a 160,000	€	0.88	€/ton	2017	(European Commission, 2017a)
	Nitrificación-de nitrificación del purín líquido	Reduce olor	240,000 a 300,000	€	0.5 a 3	€/ton	2017	
	Digestión aeróbica	Buena desodorización	45 a 53	€/m³-año	S.I		2005	
Tratamiento secundario - biodigestor	Biodigestor anaeróbico con producción de gas	80%	3,536	€/animal place	40	€/animal place	2010	
	Biodigestor anaeróbico con producción de gas	S.I	21.05	USD/animal	2.02	USD/animal	2019	Programa PYME Porcina 2019
		90%	1,200,000	USD	S.I		2015	Maxagro 2015
	Biodigestor anaeróbico sin producción de gas	90%	824,042	USD	S.I		2015	Maxagro 2015
	Digestión anaerobia o biometanización (Biodigestor)	70 a 84%	23.00	USD/cerdo	3.00	USD/cerdo/año	2008	(Generalitat Valenciana. 2008)
	Biodigestión fría	S.I	640,000	USD	70,000	USD/año	2008	(ASPROCER, 2008)
	Biodigestión caliente	S.I	250,000	USD	6,500	USD/año	2008	

Nota: Para algunas fuentes no se cuenta con una cuantificación de la eficiencia de reducción de olor, sólo se identifica cualitativamente la reducción.

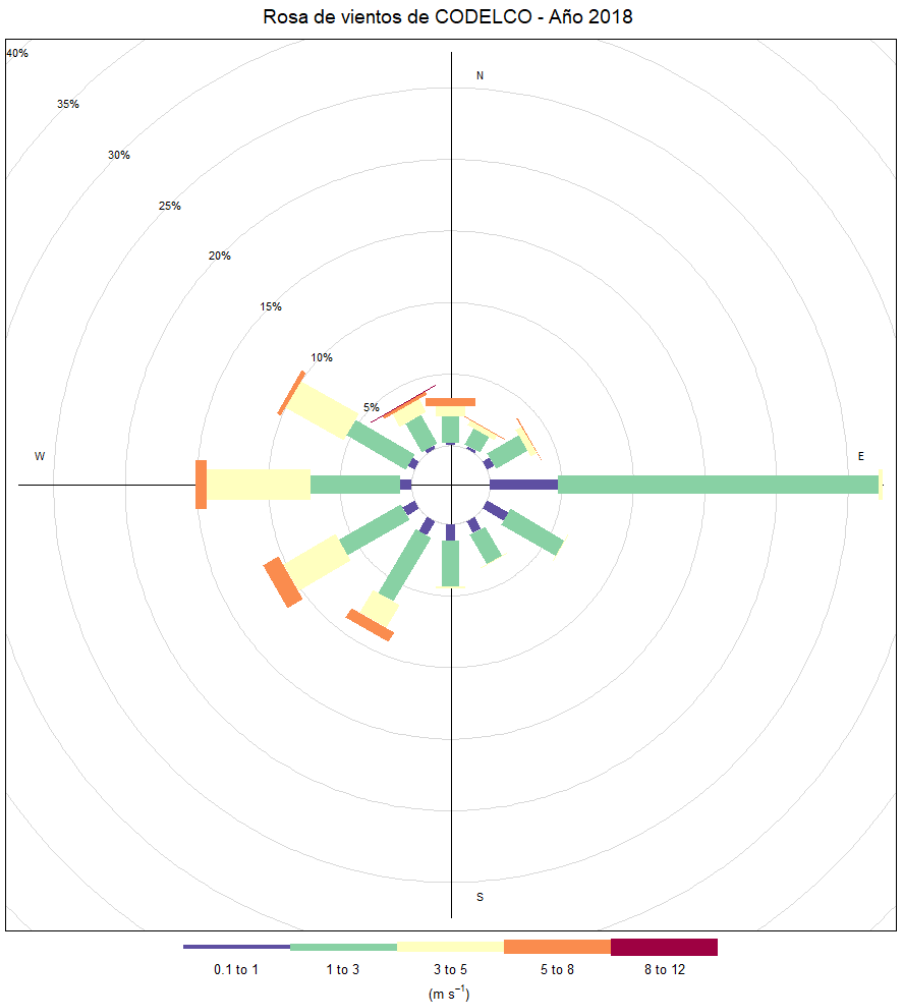
[a]El año de referencia se refiere al año en que se realiza la estimación, ya sea de la eficiencia o de los costos.

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los costos obtenidos de las diferentes fuentes de información, estos tienen diferentes años de estimación, y debido a las barreras tecnológicas y diferencias entre países, entre otras cosas, no es tan simple la unificación de los costos a un valor presente. El análisis de costos a realizar para escenarios de normativa se consensuará con la contraparte técnica, de manera de poder incorporar de manera adecuada los factores mencionados y poder utilizar valores de costos que sean acordes a la realidad nacional.

11.5 Anexo 5: Actividad adicional - validación de modelo meteorológico

En el presente anexo se recopilan, como análisis de rosas de vientos, las observaciones obtenidas de las estaciones meteorológicas superficiales utilizadas para realizar la validación del modelo de pronóstico meteorológico WRF así como los propios valores obtenidos del modelo para la misma ubicación utilizando las parametrizaciones recomendadas por el SEA. Los valores se corresponden con datos horarios para el periodo del año.


Rosa de vientos de CODELCO - Año 2018
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
N
W
E
S
0.1 to 1
1 to 3
3 to 5
5 to 8
8 to 12
(m s^{-1})

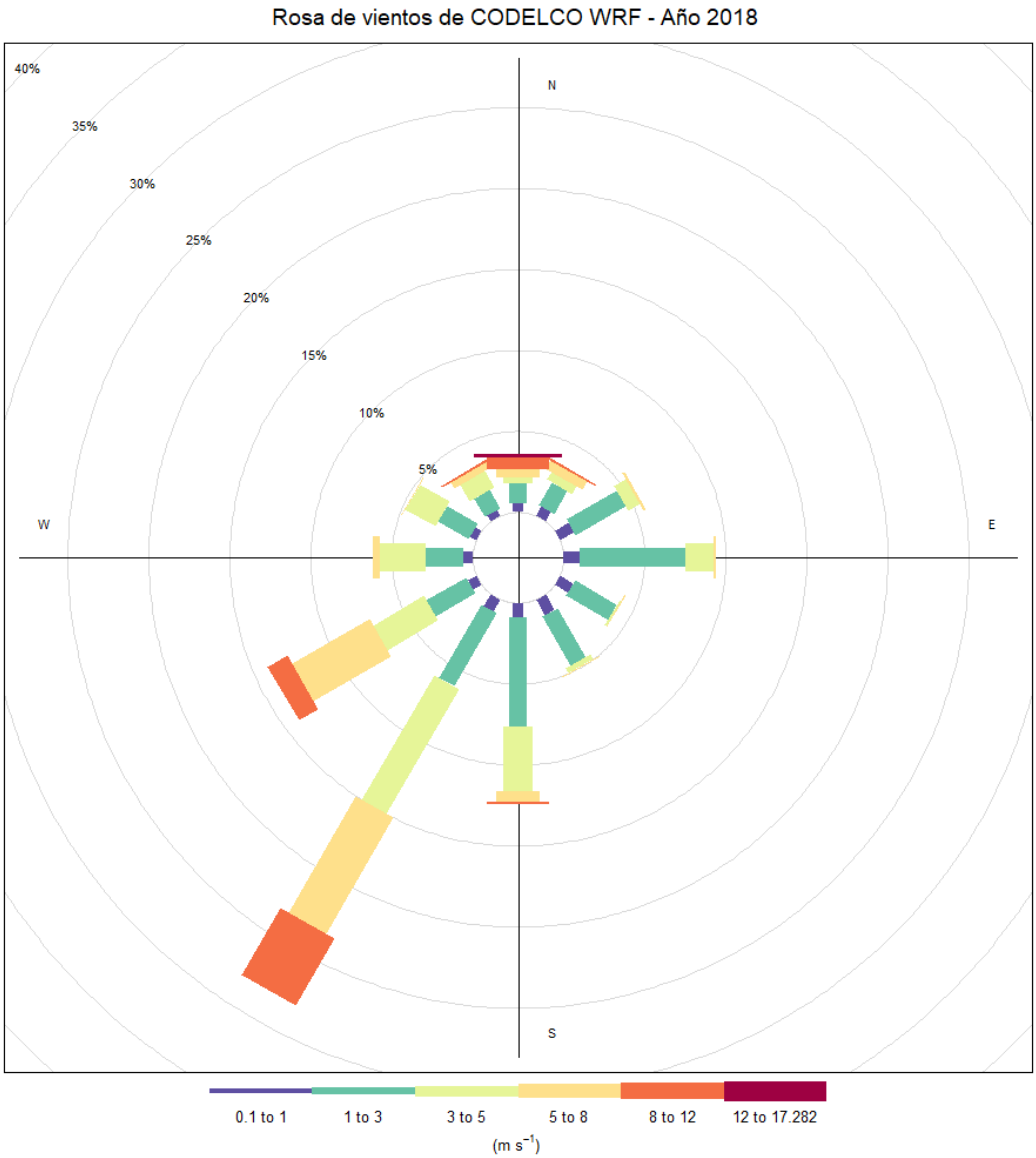
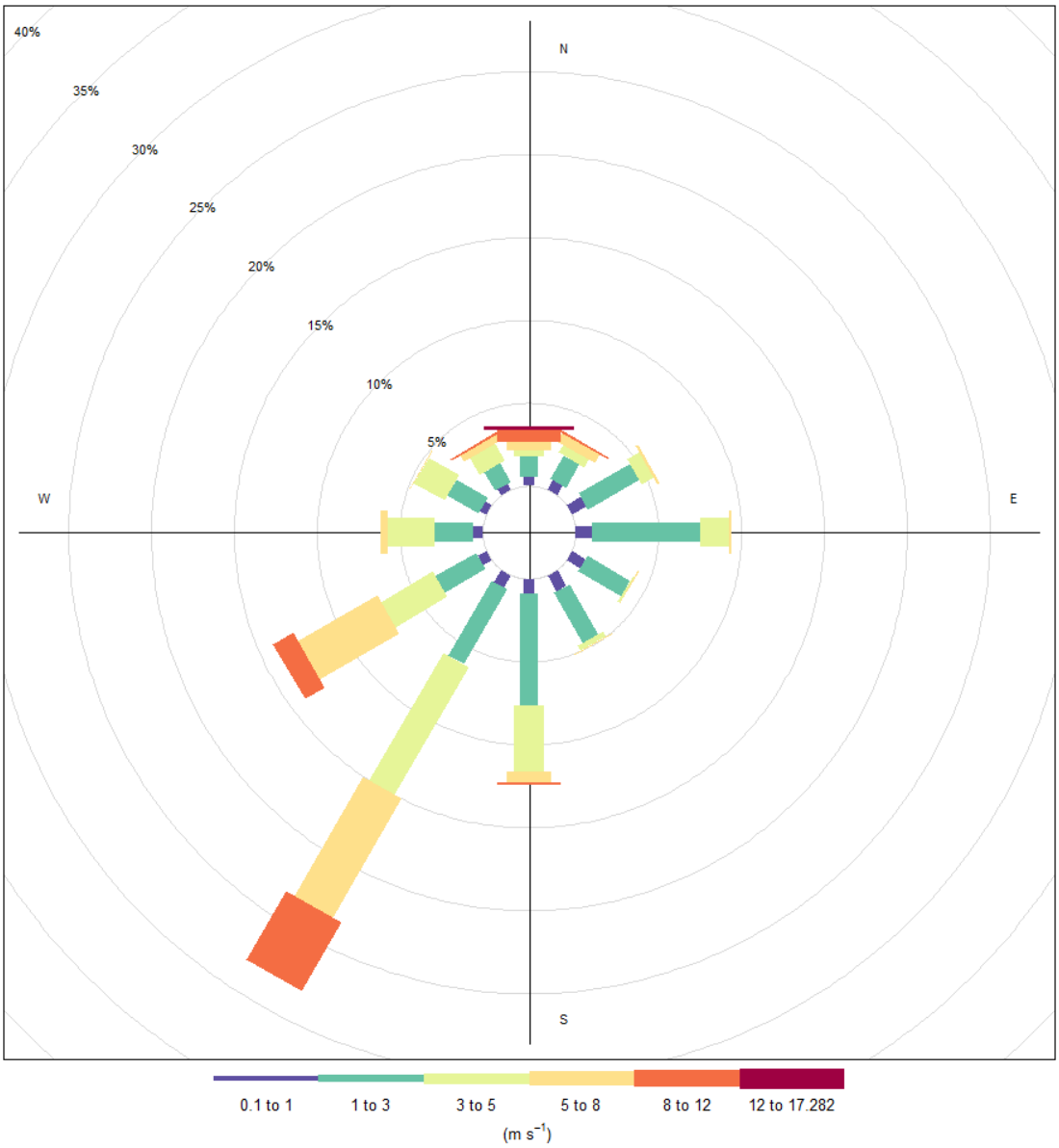


Figura 11-4 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Codelco
Fuente: Elaboración propia

Rosa de vientos de CODELCO WRF - Año 2018



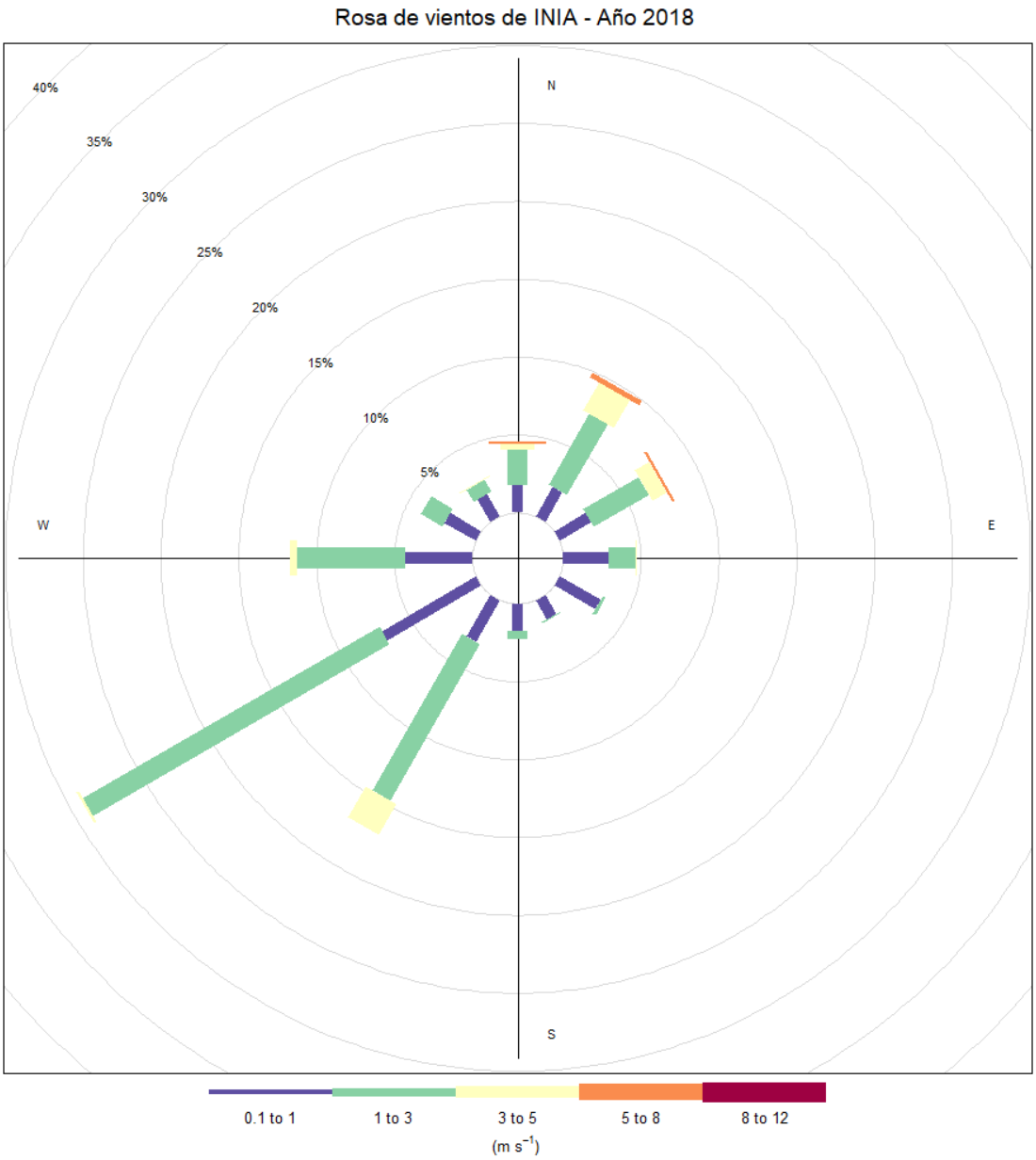
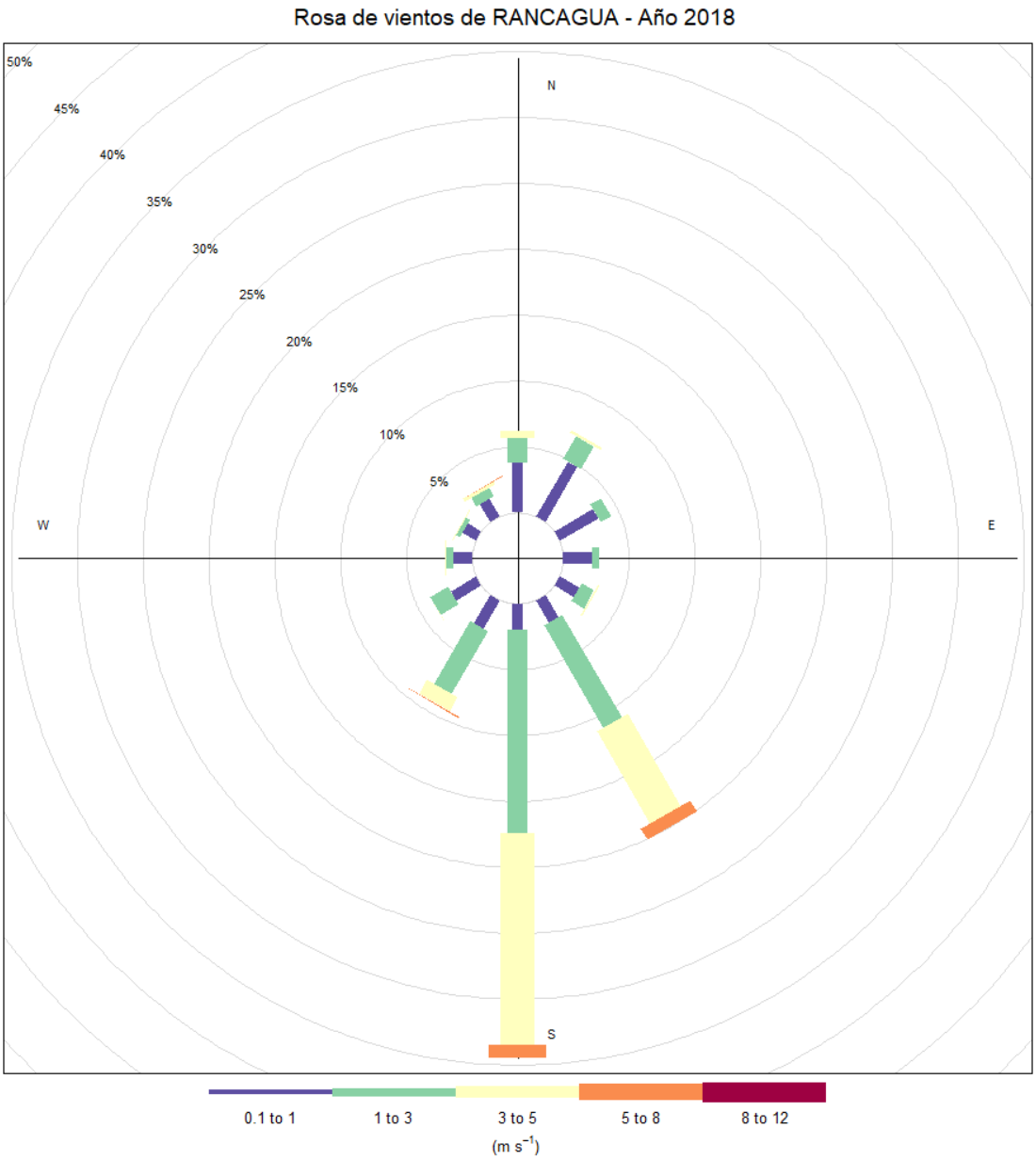


Figura 11-5 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Chillán
Fuente: Elaboración propia


Rosa de vientos de RANCAGUA - Año 2018
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
N
W
E
S
0.1 to 1
1 to 3
3 to 5
5 to 8
8 to 12
(m s^{-1})

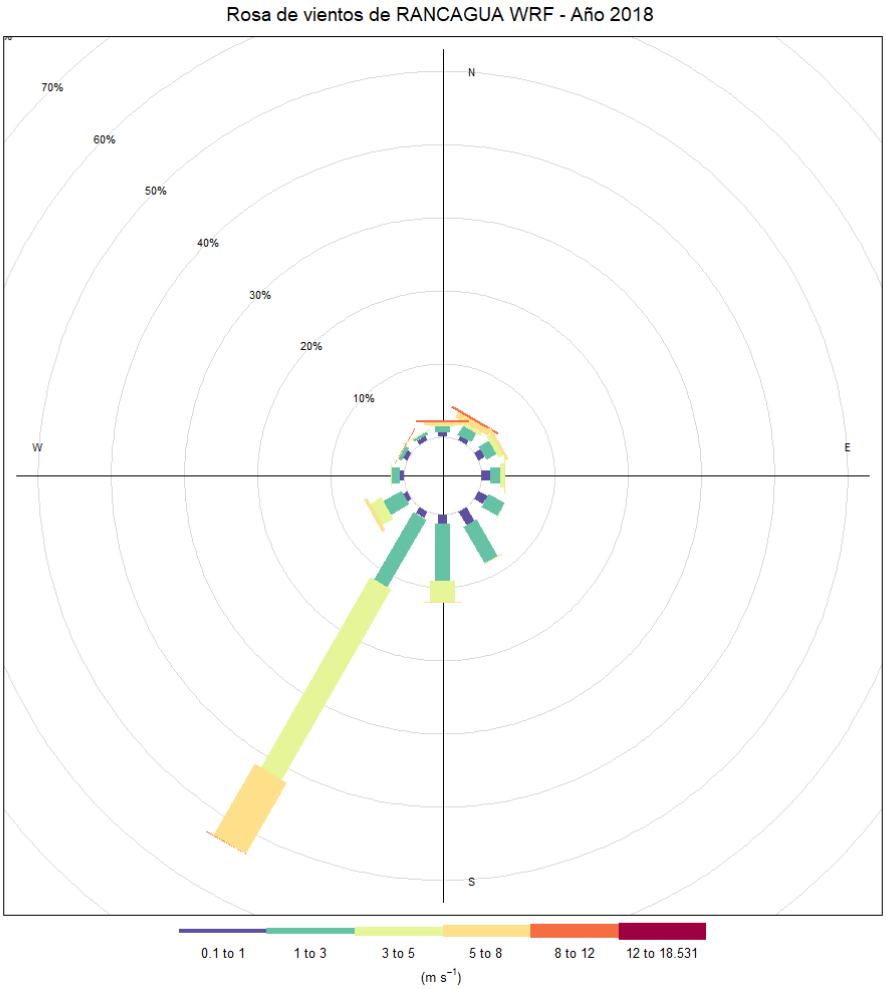
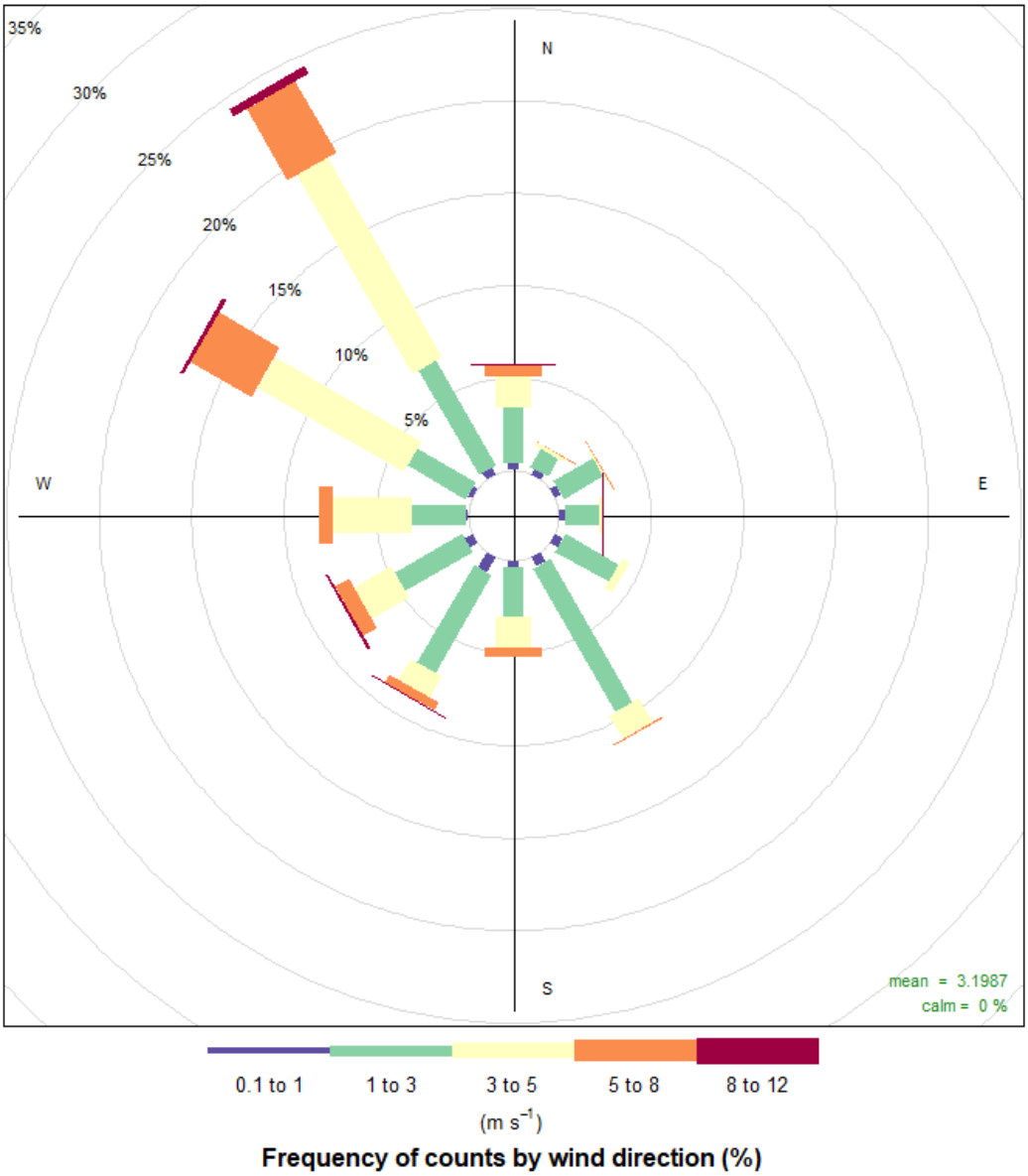


Figura 11-6 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Rancagua
Fuente: Elaboración propia

Rosa de vientos de SCVM_859212 - Año 2018



Frequency of counts by wind direction (%)

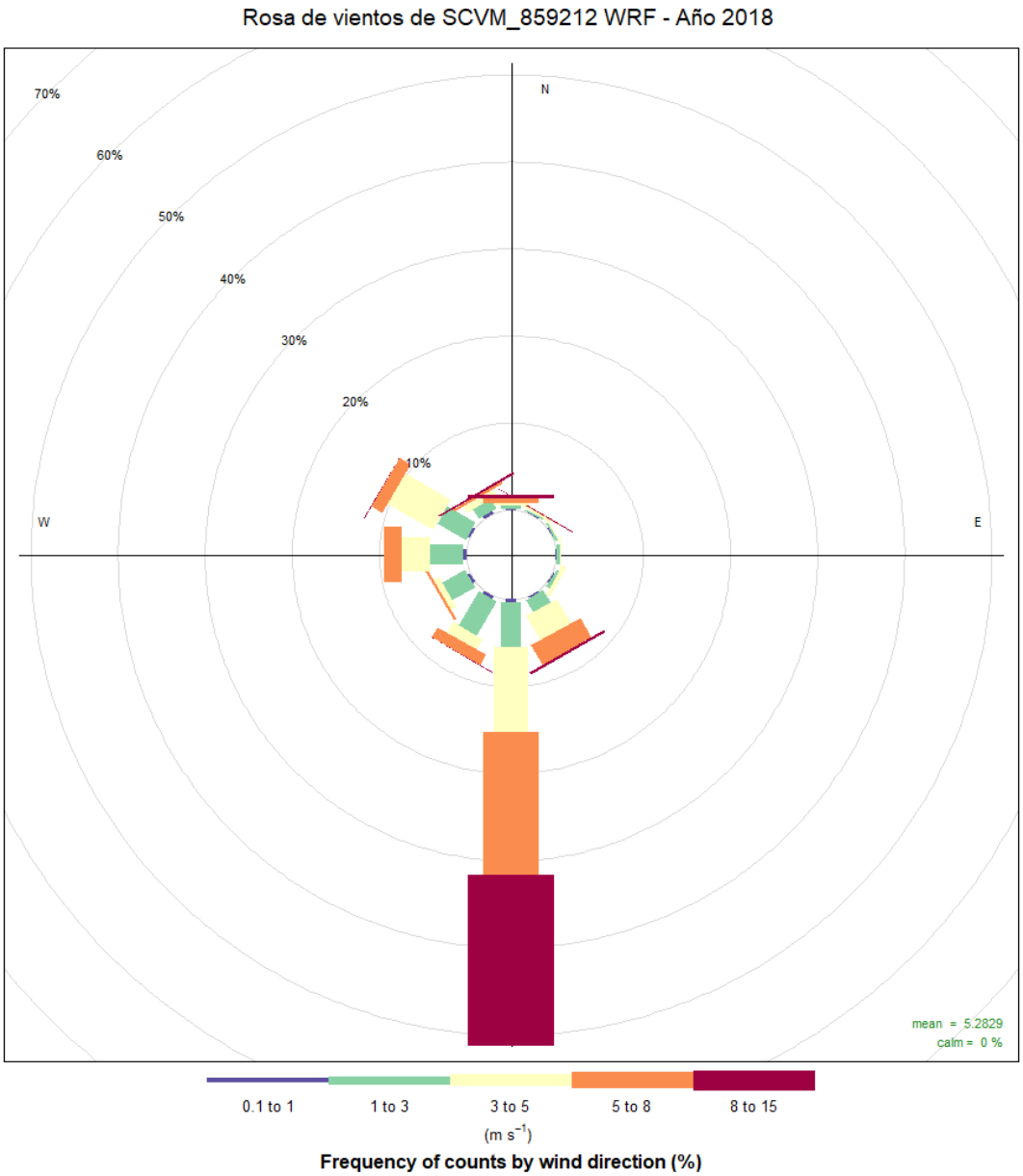
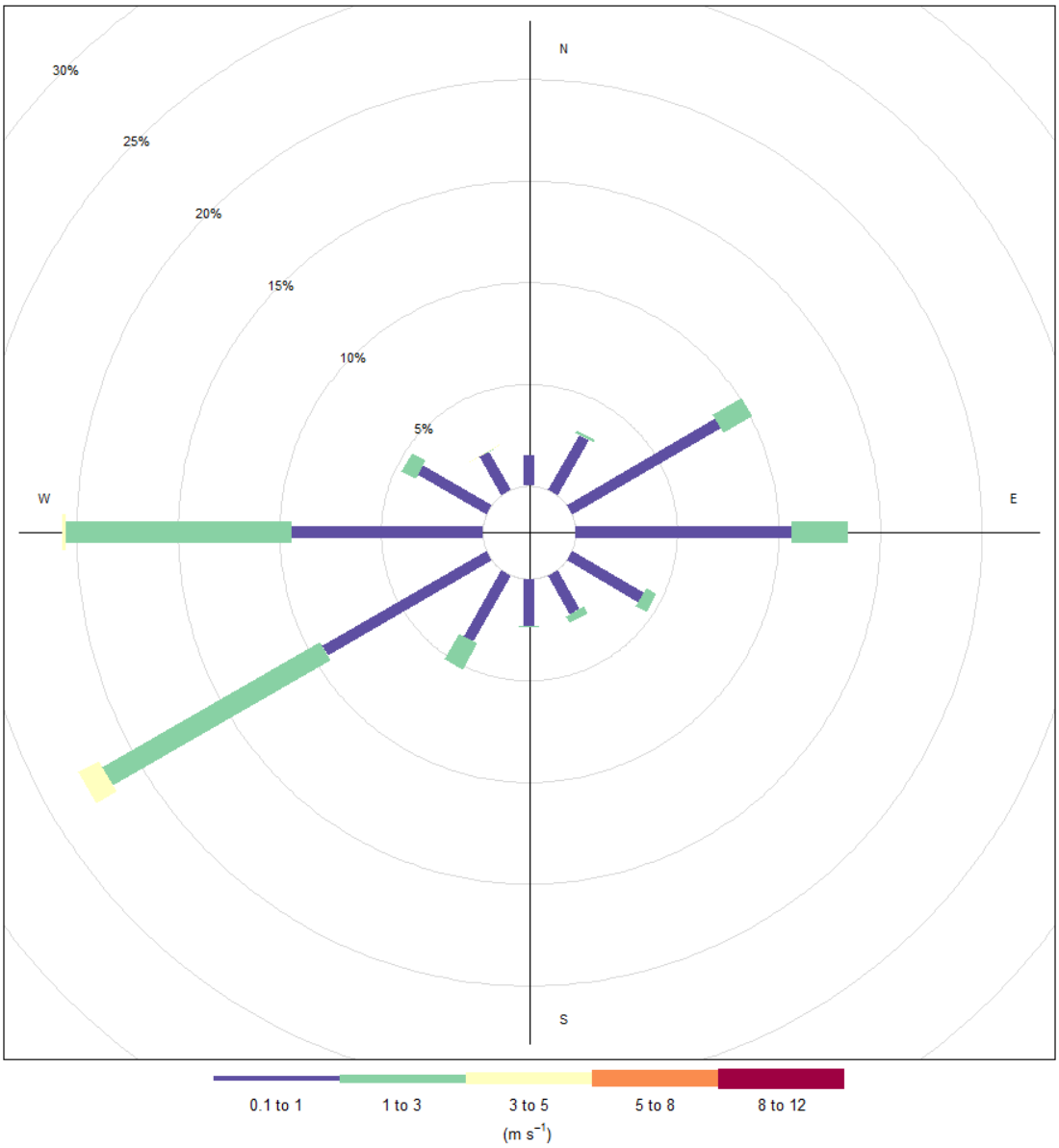


Figura 11-7 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación SCVM_859212

Fuente: Elaboración propia

Rosa de vientos de TALAGANTE - Año 2018



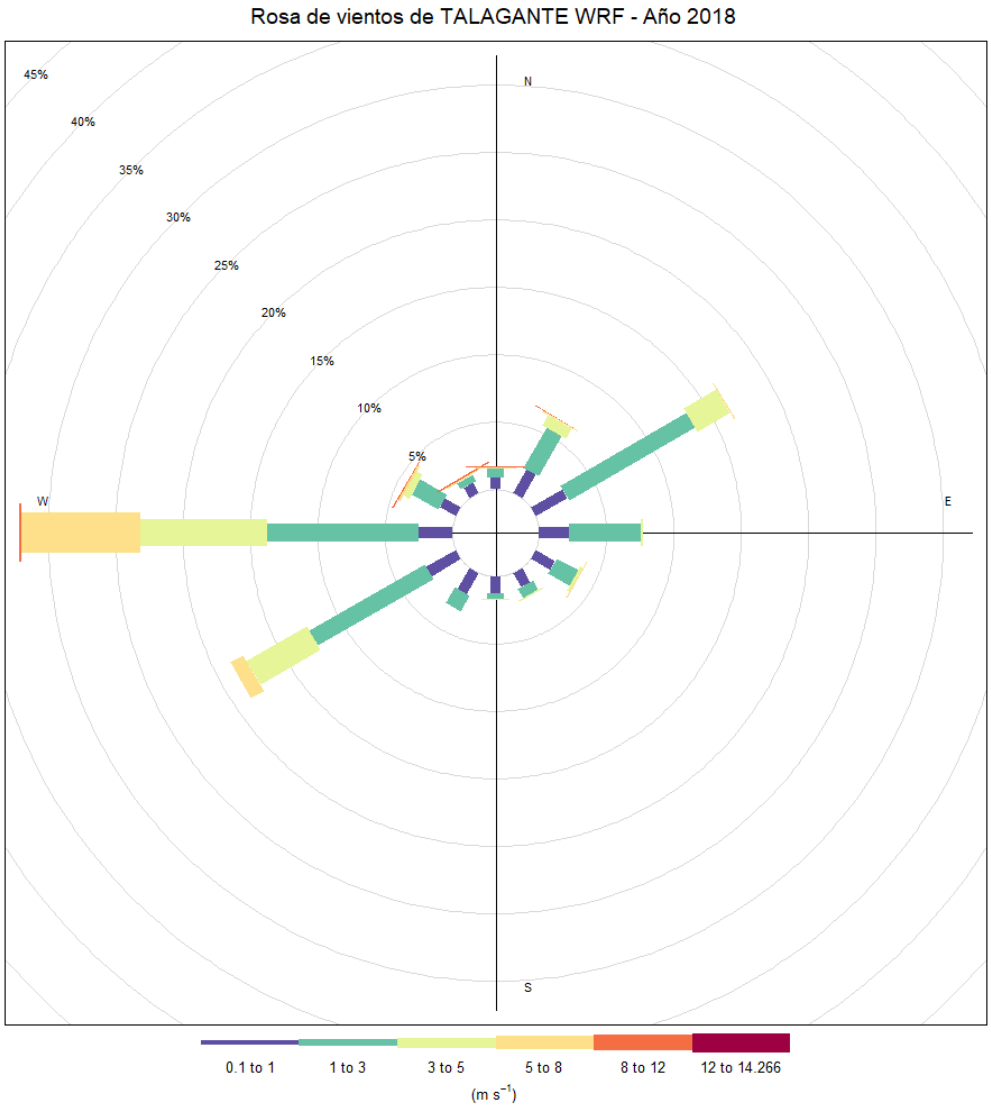


Figura 11-8 Rosa de vientos observada (arriba) y simulada por WRF (abajo) para la estación Talagante
Fuente: Elaboración propia

11.6 Anexo 6: Comparación metodología receptores mallados frente a discretos (*gridded vs discreted*)

El modelo de dispersión atmosférica Calpuff permite obtener las concentraciones a diferentes niveles de forma continua, es decir, se puede calcular el nivel de concentración promedio en cualquier punto *(x,y,z)* de acuerdo a la siguiente ecuación[36]:

[36] De Visscher 2014. Air dispersion modeling. Foundations and aplications.

$$\bar{c} = \frac{g}{2\pi\sigma_y^2}\left\{Q_p(s_1)I_1 + \left[Q_p(s_2) - Q_p(s_1)\right]I_2\right\}$$

Donde,

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}\exp\left[-\frac{(h+2nh_{mix})^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{\pi}{2a}}\exp\left(\frac{b^2}{2a}-\frac{c}{2}\right)\left[\operatorname{erf}\left(\frac{a+b}{\sqrt{2a}}\right)-\operatorname{erf}\left(\frac{b}{\sqrt{2a}}\right)\right]$$

$$I_2 = \frac{-bI_1}{a}+\frac{1}{a}\exp\left(\frac{b^2}{2a}-\frac{c}{2}\right)\left\{\exp\left(-\frac{b^2}{2a}\right)-\exp\left[-\frac{1}{2}\left(a+2b+\frac{b^2}{a}\right)\right]\right\}$$

$$a = \frac{(\Delta x)^2+(\Delta y)^2}{\sigma_y^2}$$

$$b = \frac{\Delta x\left(x_1-x_r\right)+\Delta y\left(y_1-y_r\right)}{\sigma_y^2}$$

$$c = \frac{\left(x_1-x_r\right)^2+\left(y_1-y_r\right)^2}{\sigma_y^2}$$

La concentración promedio ($\bar{c}$) aparece porque para cada instante de tiempo (Δt) se liberan un número de partículas (Puffs) y se computa la distribución que sigue ese conjunto de partículas a lo largo de tiempo como un esferoide cuyos radios vienen definidos por los parámetros σ_y y σ_z. Por lo tanto, a priori se pueden definir una serie de puntos (x,y,z) igualmente espaciados entre sí lo que da lugar una malla o *gridded receptors*, donde se obtienen los valores de los niveles de concentración en los nodos de la malla tal y como se representa en la siguiente Figura 11-9.

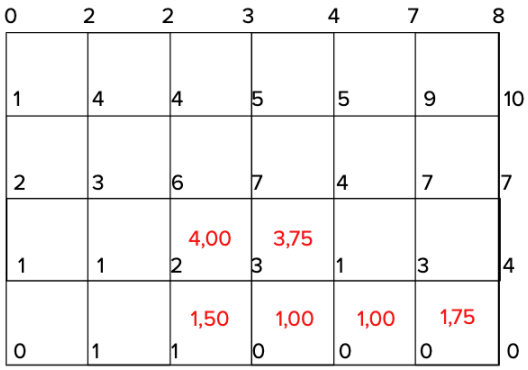
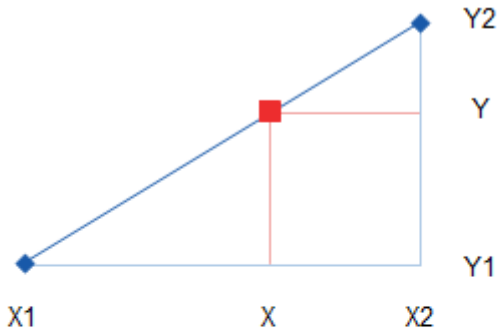


Figura 11-9 Malla equidistante con los receptores situados en los nodos y sus niveles de concentración. En rojo el promedio de concentración en la celda

Fuente: Elaboración propia

Con esta metodología finalmente Calpuff presenta como archivo de salida visualizable un *raster*[37] con cuadrículas y niveles de concentración promedios entre los nodos que comparten los vértices de cada cuadrícula. De este modo, cuando se realizan los mapas de contorno con líneas de isoconcentración, o isodoras, se realiza una interpolación (lineal, cúbica, proximidad, etc) para trazar dentro de los nodos valores de interés para analizar.

[37] Es un tipo de imagen que usa una cuadrícula rectangular, donde a cada píxel se le asigna una ubicación y un valor específico.



$$\frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} = \frac{(Y - Y1)}{(Y2 - Y1)}$$

$$Y = Y1 + (X - X1)\frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)}$$

Figura 11-10 Método de interpolación lineal
Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo de ello supongamos que en la malla de la Figura 11-9 se quiere representa la isodora de 3 ou_E/m^3 por un método de interpolación lineal (Figura 11-10). El resultado que se obtendría sería el representado en la Figura 11-11. De este modo, dependiendo del espaciado de la malla o de su resolución se obtendrá mayor información sobre el espacio contenido entre cada uno de los nodos, disminuyendo así la incertidumbre asociada al supuesto asociado al nivel de concentración de cualquier punto contenido entre dos nodos.

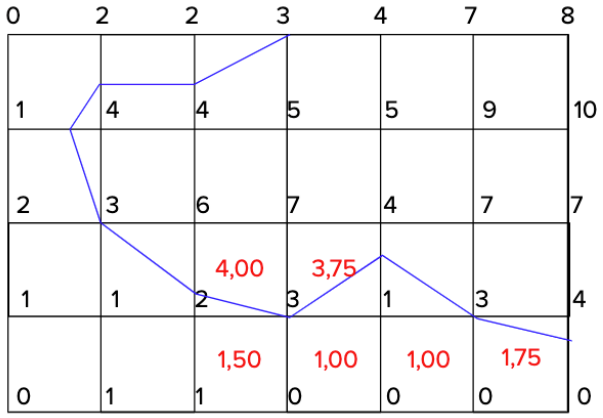


Figura 11-11 Isodora de 3 ou_E/m^3 aplicando interpolación lineal
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se ha expuesto que Calpuff permite obtener el valor de concentración en cualquier punto *(x,y,z)* de manera independiente. De este modo, se pueden definir receptores o puntos de interés, en el interior de malla para conocer de manera explícita y no inferir su valor por interpolación entre nodos.

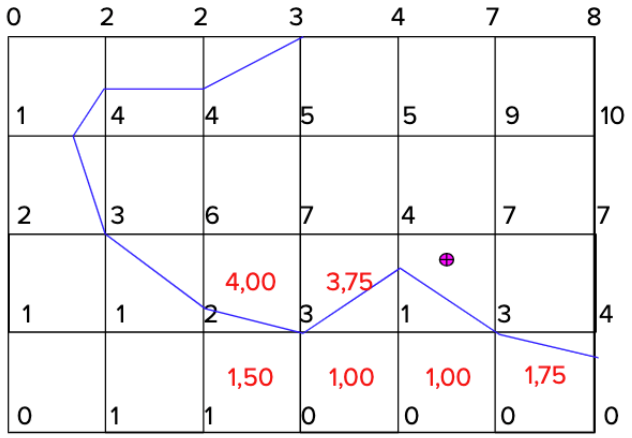


Figura 11-12 Receptor discreto (color morado) situado en el interior de una malla regular
Fuente: Elaboración propia

La pregunta que puede surgir ahora en la siguiente: ¿el nivel de concentración del receptor discreto está contenido entre alguna de las concentraciones de los 4 nodos que lo rodean? *A priori* uno pensaría que efectivamente debe ser así, pero ¿qué resultado se esperaría si la separación entre nodos es suficiente para que atraviese entre ellos un conjunto de pufs que pase directamente sobre el receptor discreto y no sobre ninguno de los nodos? Puede suceder que tenga un valor superior a los nodos vecinos y, por consiguiente, al valor contenido en el pixel del *raster*. Este fenómeno se puede observar en la Figura 11-13.

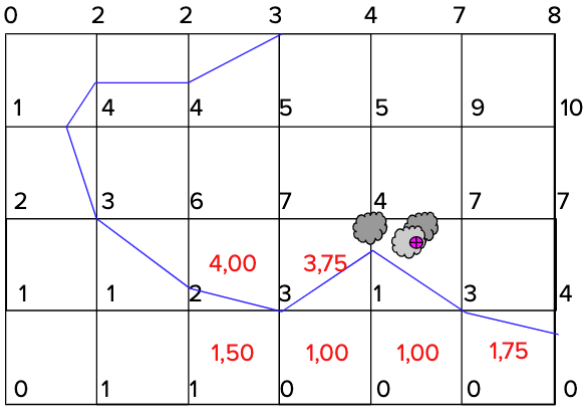


Figura 11-13 Receptor discreto (color morado) afectado por varios puffs situado en el interior de una malla regular

Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen se puede diferenciar claramente que, dependiendo de la resolución utilizada en el mallado (distancia entre nodos), los resultados obtenidos aplicando una u otra metodología de análisis de niveles de concentración los resultados pueden diferir sustancialmente. Cuando la resolución es lo suficientemente alta para resolver la escala del fenómeno de dispersión de atmosférica objeto de estudio, la diferencia entre ambas metodologías resulta despreciable. En cambio, como en el presente estudio, con una resolución espacial según la guía del SEA de estudio de calidad del aire de 1x1 km se observarán discrepancias entre ambos métodos ya que las emisiones procedentes de las fuentes de emisión, que son superficiales, presentan muy baja flotación térmica y mecánica, pudiendo suceder el fenómeno presentado en la Figura 11-13.

11.7 Anexo 7: Desarrollo modelo Gaussiano

Actualmente hay disponibles numerosos modelos de dispersión atmosférica, cuya clasificación suele realizarse dependiendo de si el balance de materia lo resuelven respecto de un sistema de referencia fijo o móvil. Los modelos que optan por un sistema de referencia fijo se conocen como Eulerianos y su rango de aplicación es muy amplio y variable, pudiendo considerar emisiones estacionaria o no estacionaria, y suelen ser más adecuados en condiciones meteorológicas de velocidad de viento moderada y elevada turbulencia. Por otro lado, los modelos Lagranianos o con un sistema de referencia móvil, se recomiendan en entornos complejos de meteorología variable, con intensidad de vientos moderada, alta estabilidad atmosférica, topografía compleja y emisiones cambiantes con el tiempo.

Sea cual fuere el tipo de modelo, Euleriano o Lagrangiano, para conocer la distribución espacial y evolución temporal de cualquier compuesto químico en la atmósfera se debe resolver su balance de materia. De este modo, para un compuesto cuya reactividad atmosférica sea

despreciable se puede conocer su concentración en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el siguiente balance de materia:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{u}\nabla C = \nabla\vec{K}\nabla C + \vec{S}_C$$

Donde,

C: es la concentración en (x,y,z,t)
K: constante de difusión turbulenta
$\vec{S}_C$: sumideros o fuentes de materia por ejemplo tasa de emisión o deposición (húmeda, seca, etc.) o reacción
$\bar{u}$: velocidad de viento promedio en dirección dominante (m s^{-1}).

En la ecuación anterior se formulan los diferentes fenómenos que afectan a la cantidad de materia del compuesto en un volumen de control, o concentración C: advección, difusión emisión y/o sumidero. La ecuación anterior no tiene una solución general, pero si se aplican algunas simplificaciones e hipótesis se puede encontrar una solución analítica particular, que se expresan mediante las siguientes relaciones matemáticas:

Primeramente, se empieza por suponer que el término de advección es de mayor importancia en una única dirección (eje *x*), despreciando las restantes. Por otro lado, si se aplica la condición de estado estacionario el término temporal se puede igualar a cero. Se puede suponer además que el término de difusión es independiente del espacio, es decir, que puede suponerse con isotropía espacial. Por último, en líneas generales la difusión en la misma dirección del transporte es despreciable frente al término de advección.

$$\vec{u}\nabla C \cong \bar{u}\frac{\partial C}{\partial x}$$
$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0$$
$$\nabla\vec{K}\nabla C \cong \vec{K}\nabla^2 C$$
$$\left|\bar{u}\frac{\partial C}{\partial x}\right| \gg \left|K_x\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}\right|$$

Donde,

C: es la concentración en (x,y,z,t)
K: constante de difusión turbulenta
$\bar{u}$: velocidad de viento promedio en dirección dominante (m s^{-1}).

Dadas las consideraciones anteriores, la ecuación general se puede reducir al siguiente problema matemático, con sus condiciones iniciales y de contorno.

$$\bar{u}\frac{\partial C}{\partial x} = K_y\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z\frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

$$\mathrm{C}(0,\mathrm{y},\mathrm{z}) = \frac{Q}{\bar{u}(h_e)}\delta(z-h_e)\delta(y)$$

$$\lim_{C\to\pm\infty} C(x,y,z) = 0$$

Donde,

C: es la concentración en (x,y,z,t)
K: constante de difusión turbulenta
$\bar{u}$: velocidad de viento promedio en dirección dominante (m s^{-1}).
Q_e: tasa de emisión (ou_E s^{-1}).
h_e: altura efectiva de emisión

Para poder resolver la ecuación anterior se puede hacer uso de la función transformada de Fourier, la cual consiste en realizar un cambio de dominio a una variable compleja donde la ecuación diferencial se convierte en una expresión algebraica. Por último, para obtener la solución inicial del problema, se evalúan las condiciones iniciales y de contorno antes de realizar la transformada inversa para revertir el cambio de dominio.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-i2\pi\omega t}dt$$

Una propiedad de la transformada de Fourier de gran utilidad para este problema es la de linealidad, la cual permite extender el resultado obtenido en el plano x-y para el caso tridimensional.

$$f(t) = g(t) + h(t)$$

$$F\{f(t)\} = F\{g(t) + h(t)\} = F\{g(t)\} + F\{h(t)\}$$

$$F(\omega) = G(\omega) + H(\omega)$$

Haciendo uso de la propiedad de linealidad se va a detallar la solución para el plano x-y, pudiéndose extender después el resultado al plano x-z al presentarse ambas dimensiones como una combinación lineal, tal y como está expresado en la ecuación anterior. De este modo, aplicando la transformada de Fourier se obtiene la siguiente expresión:

$$F\left\{\bar{u}\frac{\partial C}{\partial x}\right\} = F\left\{K_y\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}\right\}$$

Si se aplica la transformación a la variable *y* dejando *x* como un parámetro fijo se obtiene:

$$F\left\{K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}\right\} = K_y\,(2\pi i\omega)^2 C(x,\omega) = -K_y\,(2\pi\omega)^2 C(x,\omega)$$

Si se procede a sustituir la ecuación se obtiene la siguiente ecuación diferencial ordinaria, cuya solución general se puede obtener mediante integración por separación de variables del siguiente modo:

$$\bar{u}\frac{\partial C(x,\omega)}{\partial x} = -K_y\,(2\pi\omega)^2 C(x,\omega)$$

$$\int_{C(0,\omega)}^{C(x,\omega)} \frac{dC(x,\omega)}{C(x,\omega)} = -\int_0^x \frac{K_y\,(2\pi\omega)^2}{\bar{u}}dx$$

$$\ln\frac{C(x,\omega)}{C(0,\omega)} = -\frac{K_y(2\pi\omega)^2}{\bar{u}}x$$

$$C(x,\omega) = C(0,\omega)e^{-\frac{K_y(2\pi\omega)^2}{\bar{u}}x}$$

Para obtener la condición inicial en el dominio de Fourier se puede aplicar la transformada a la condición inicial:

$$F\{C(0,y)\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\bar{u}(h_e)}$$

Sustituyendo:

$$C(x,\omega) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\bar{u}(h_e)}e^{-\frac{K_y\,(2\pi\omega)^2}{\bar{u}}x}$$

Aplicando la transformada inversa de Fourier se puede obtener la solución correspondiente al modelo de penacho gaussiano en el plano horizontal a nivel del suelo C(x,y):

$$C(x,y) = \frac{Q}{2\pi\overline{u}\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}$$

Si se quiere extender la solución obtenida al caso tridimensional, utilizando la propiedad de linealidad se obtiene la solución del modelo de penacho gaussiano sin reflexión del contaminante por el suelo:

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\overline{u}\sigma_y\sigma_z} e^{-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}+\frac{(z-h_e)^2}{2\sigma_z^2}\right)}$$

El modelo de penacho gaussiano, si bien representa un caso muy concreto del fenómeno de transporte atmosférico, se utiliza ampliamente como primera aproximación, ya que resulta de relativa rapidez tanto su cálculo como la obtención de las diferentes variables y parámetros involucrados. Los parámetros σ_y y σ_z definen la forma de la curva gaussiana en la dirección transversal horizontal (y) y vertical (z} respectivamente, respecto de la dirección axial (x) de transporte por el viento, y sus valores dependen del grado de turbulencia y estabilidad atmosférica durante el transporte. En la expresión se puede observar que el caudal másico de emisión del contaminante ejerce un efecto lineal sobre la concentración en cualquier lugar del espacio.

Este efecto de proporcionalidad o linealidad del caudal másico de emisión sucede así mismo en otros modelos de dispersión atmosférica, ya sean Eulerianos o Lagrangianos, siempre que el contaminante se considere atmosféricamente no reactivo; poniendo de manifiesto la importancia de poder contar con valores lo más certeros posibles que caractericen la emisión del proceso objeto de estudio.

11.8 Anexo 8: Actividad adicional: Validación del modelo de penacho gaussiano

La metodología establecida en la presente licitación respecto al uso de modelación meteorológica numérica (WRF) y modelación de la dispersión atmosférica de las emisiones atmosféricas de olor mediante Calpuff es de alta complejidad. Las brechas a su utilización general se deben principalmente a dos motivos. Por un lado, la falta de conocimiento técnico para trabajar con estas herramientas y, dado lo anterior, el elevado costo económico de realizar el estudio externalizándolo.

Como alternativa, para el presente estudio, se propone comparar para los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología WRF+MMIF+Calpuff y el siguiente modelo de penacho gaussiano:

$$C(x,y,0) = \frac{Q_e}{\pi \sigma_y \sigma_z \bar{u}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H^2}{2\sigma_z^2}}$$

Donde,

Q_e: tasa de emisión (uo_e s^{-1}).
σ_y: coeficiente de dispersión axial (m).
σ_z: coeficiente de dispersión vertical (m).
H: altura efectiva de emisión (m).
$\bar{u}$: velocidad de viento promedio en dirección dominante (m s^{-1}).

Como primera etapa se analizan los gradientes de concentración resultantes de las simulaciones WRF+MMIF+Calpuff y se divide el raster en cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) (Figura 11-14).

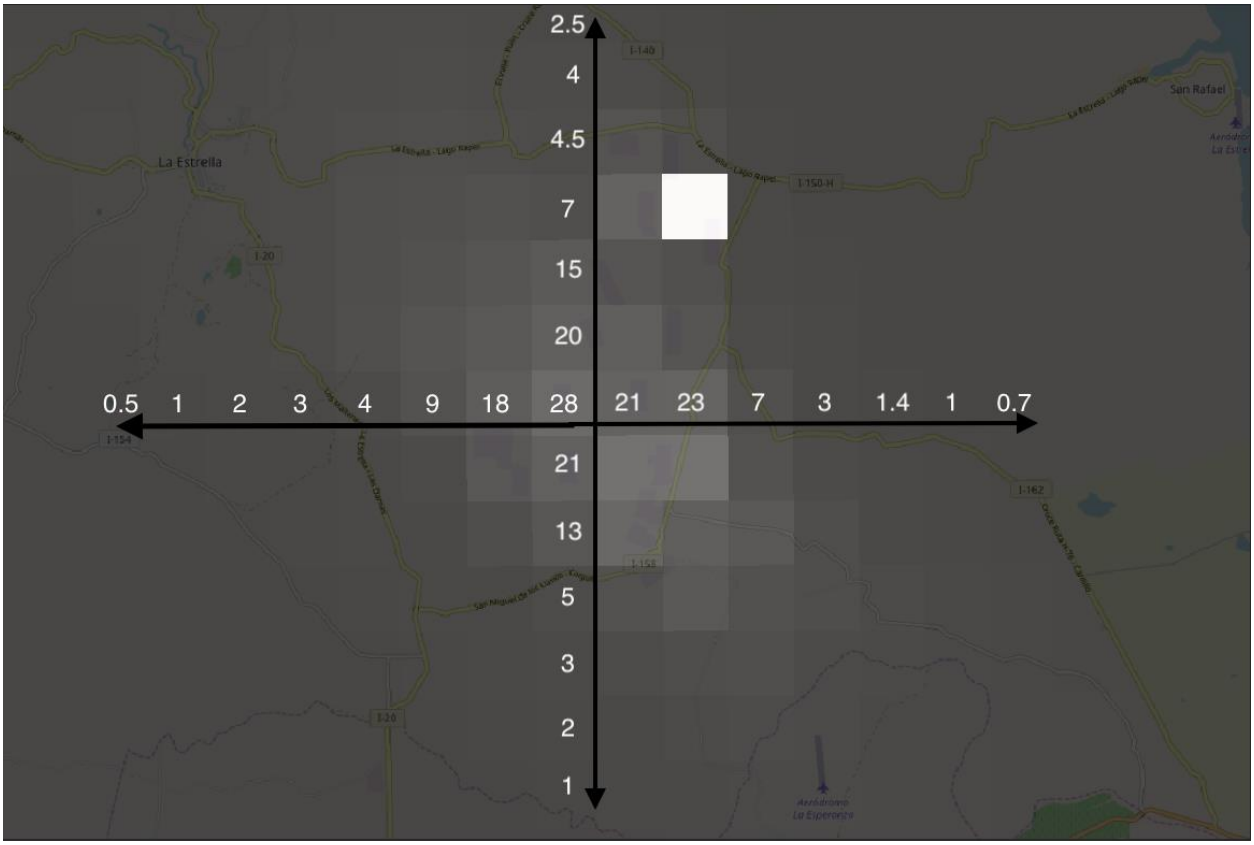
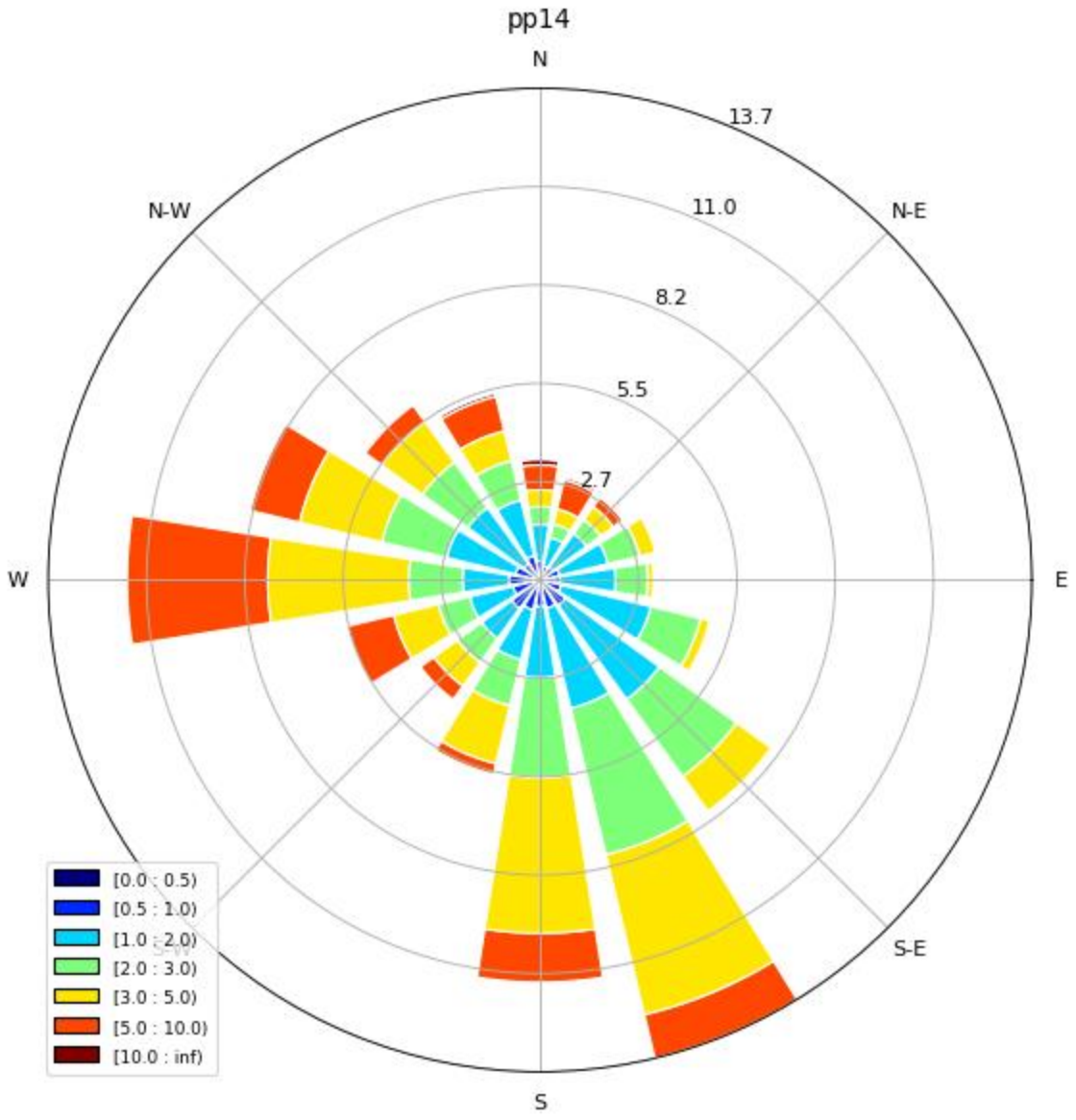


Figura 11-14 Niveles de concentración (ou/m3) en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-14.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a analizar en cada una de las cuatro direcciones de viento definidas la velocidad viento promedio dominante para después sustituir su valor en el modelo de penacho gaussiano (u_{Norte}= 3.0 m/s, u_{Sur}= 2.0 m/s, u_{este}= 4.0 m/s, u_{oeste}= 2.5 m/s) (Figura 11-15). De este modo, se obtendrán cuatro curvas de concentración-distancia desde el punto central virtual de emisión (Figura 11-16).


pp14
N
N-E
E
S-E
S
W
N-W
13.7
11.0
8.2
5.5
2.7
[0.0 : 0.5)
[0.5 : 1.0)
[1.0 : 2.0)
[2.0 : 3.0)
[3.0 : 5.0)
[5.0 : 10.0)
[10.0 : inf)

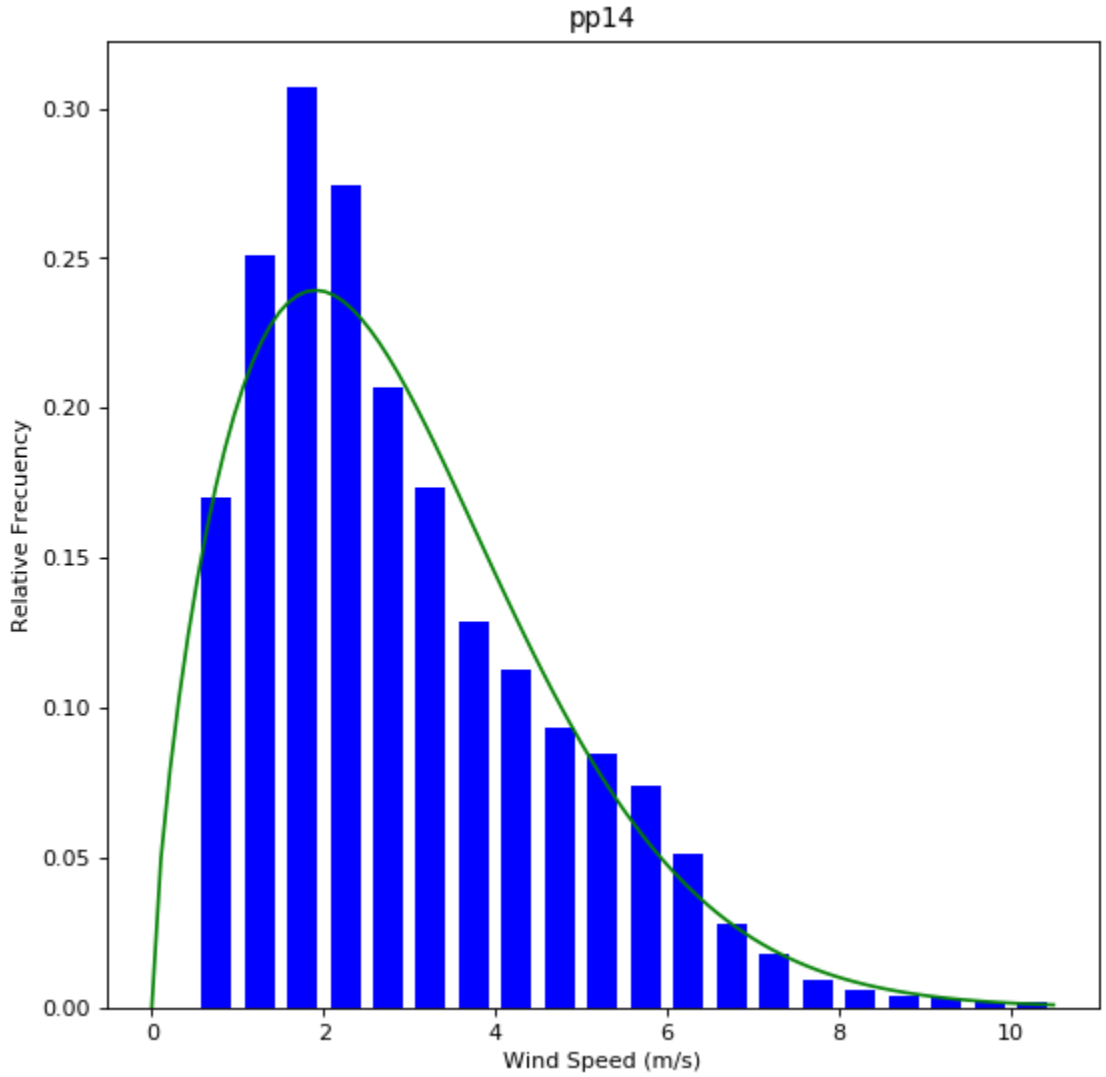
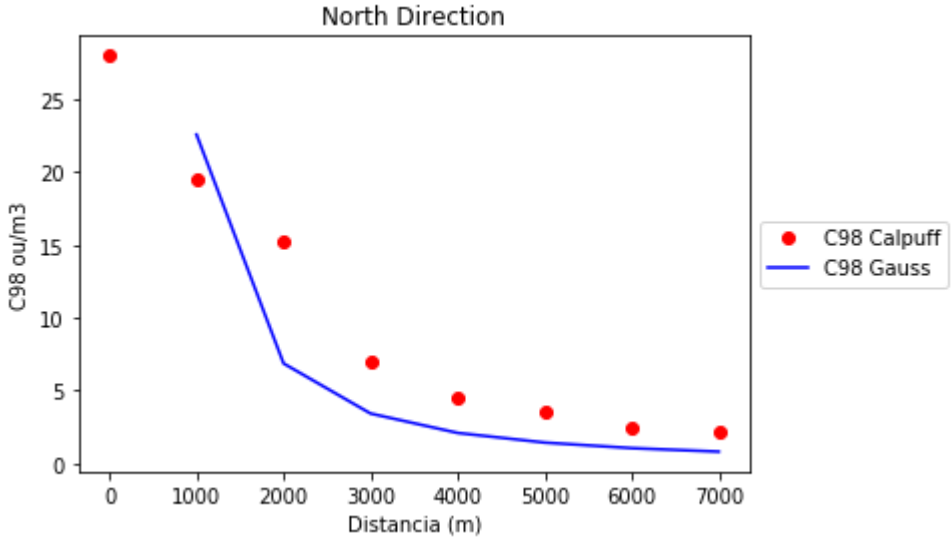
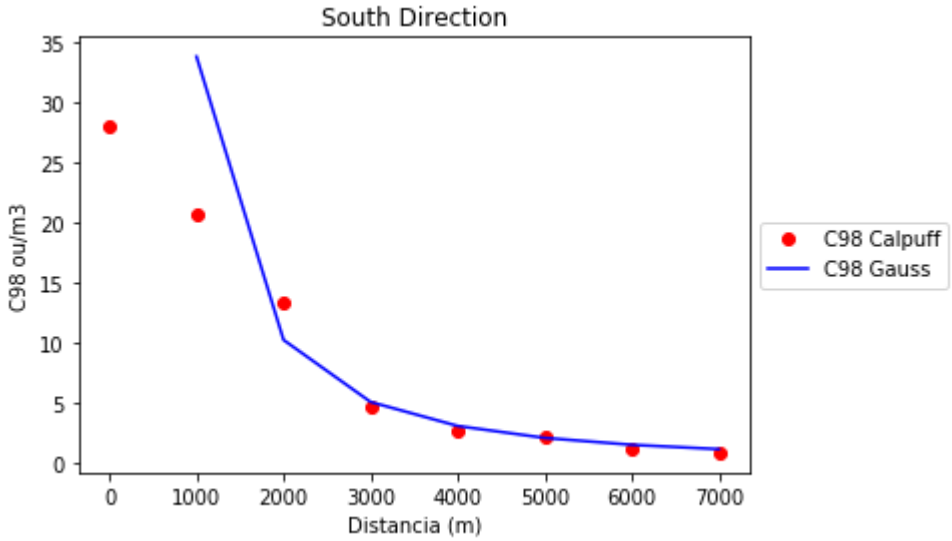


Figura 11-15 Rosa de vientos y distribución de Weibull del plantel PP-14.
Fuente: Elaboración propia

El realizar la comparación entre modelos se puede evidenciar que, en la cercanía a la fuente,

- Calpuff vs penacho gaussiano: los resultados son comparables y asimilables evaluándose en distancias mayores o iguales a 1 km.
- La comparación realizada se corresponde a la metodología de receptores mallados y no discretos en Calpuff dado el bajo número (11) disponible de receptores discretos. Ver limitaciones de la metodología en Anexo 11.6.


North Direction
C98 ou/m3
Distancia (m)
C98 Calpuff
C98 Gauss
0
5
10
15
20
25
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000


South Direction
C98 ou/m3
Distancia (m)
C98 Calpuff
C98 Gauss
0
5
10
15
20
25
30
35
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000

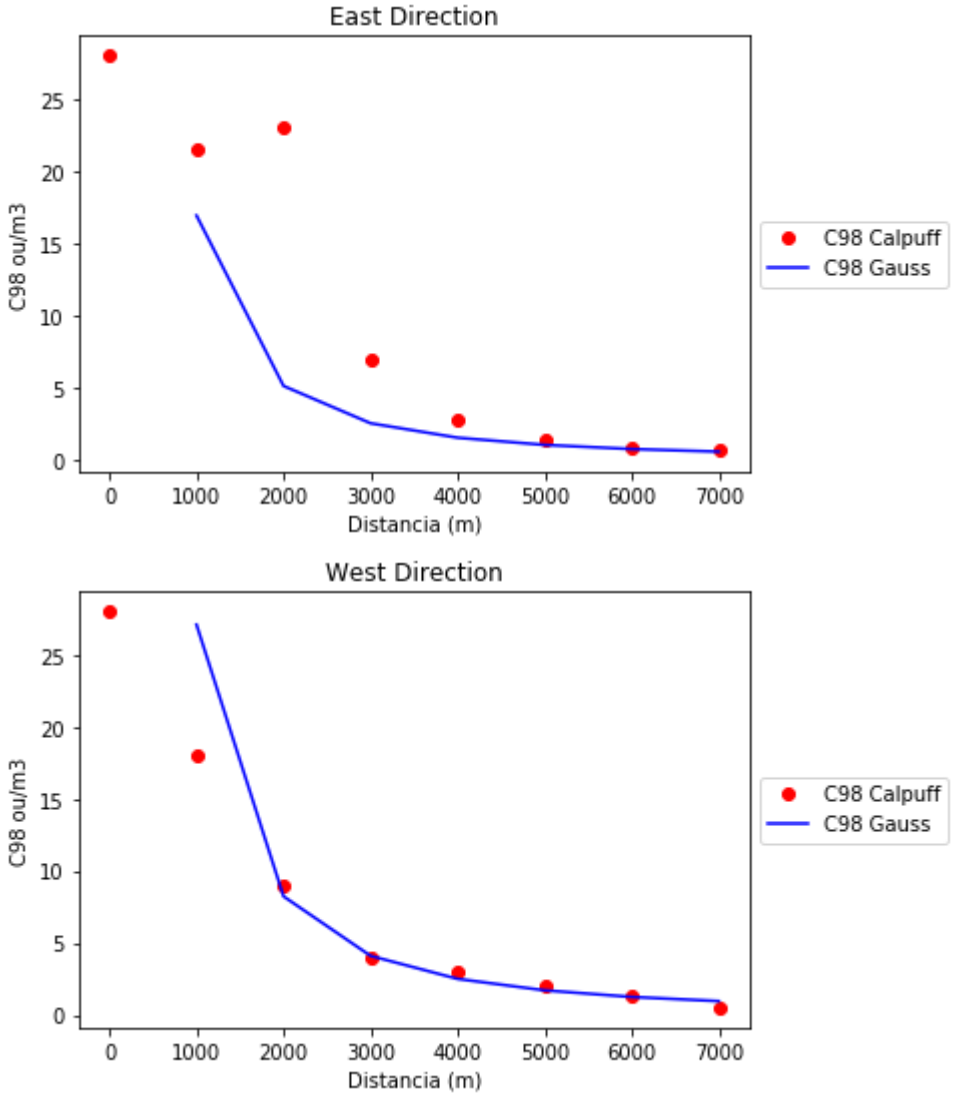


Figura 11-16 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-14.

Fuente: Elaboración propia

Es por ello que la aplicación del modelo de penacho gaussiano en receptores cercanos a las fuentes debe tomarse con mucha precaución, en cambio para analizar los niveles de concentración a distancias superiores a 1 km, en este caso particular, sugiere una buena bondad de ajuste tal y como se observa en la Figura 11-16.

A continuación, se presentan los resultados utilizando la misma metodología para un plantel mediano PP-10 (u_{Norte}= 3.0 m/s, u_{Sur}= 2.0 m/s, u_{este}= 1.0 m/s, u_{oeste}= 2.0 m/s) y uno pequeño PP-121.

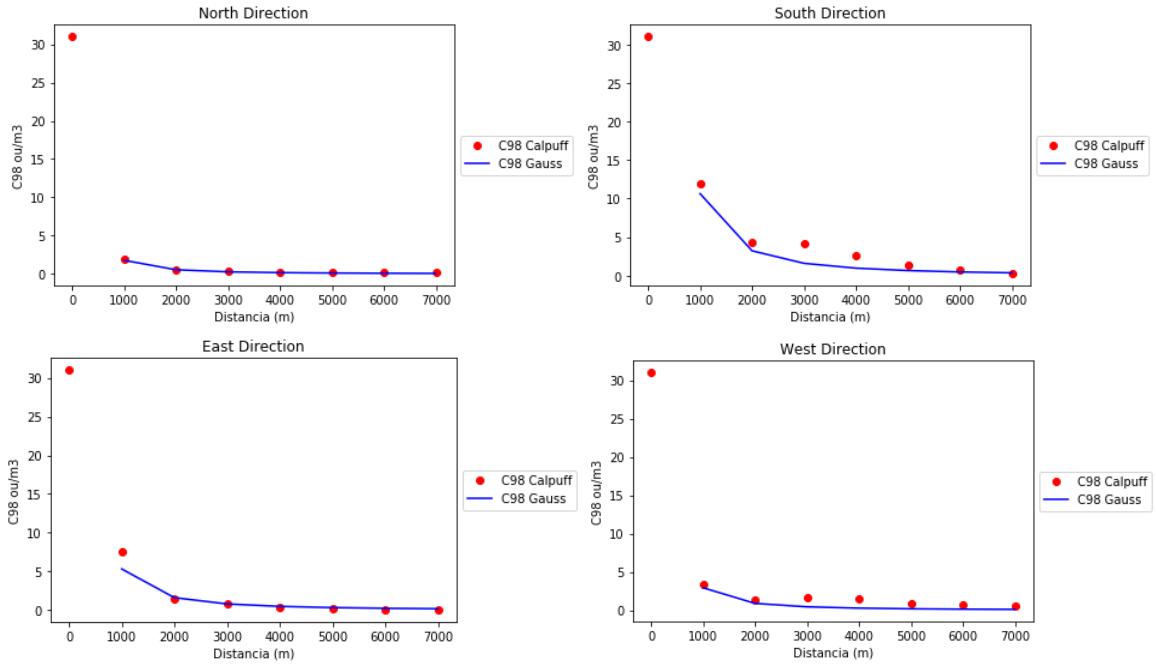


Figura 11-17 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-10.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados utilizando la misma metodología para un plantel pequeño PP-121 (u_{Norte}= 4.0 m/s, u_{Sur}= 1.5 m/s, u_{este}= 1.0 m/s, u_{oeste}= 0.5 m/s).

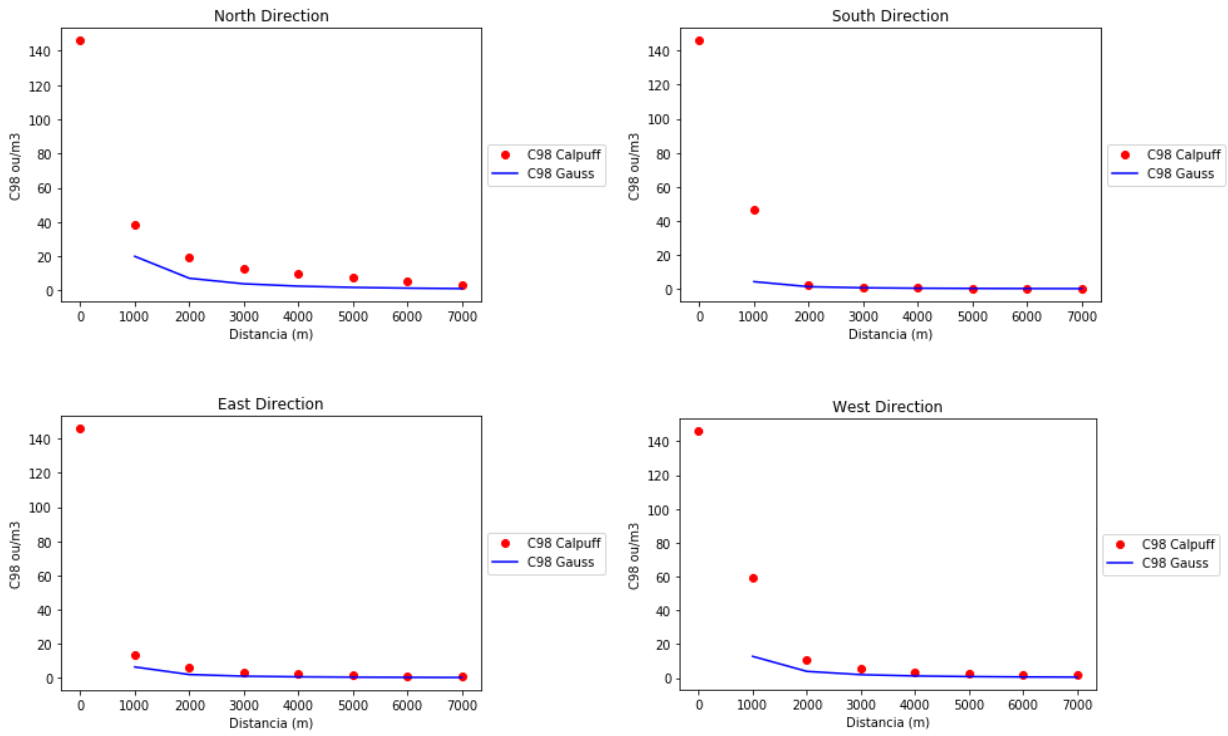


Figura 11-18 Niveles de concentración en las cuatro direcciones (Norte, Sur, Este y Oeste) tomando el punto central de emisión del plantel PP-121.
Fuente: Elaboración propia

11.9 Anexo 9: Información relativa a lagunas anaeróbicas

En el presente anexo se analizan los planteles que declaran tener laguna anaeróbica como tratamiento del purín. Los planteles son PP-6, PP-16, PP-17, PP-55, PP-87, PP-88, PP-92, PP-122 y PP-123. Se encontró información acerca de las lagunas de los planteles subrayados y, se concluye que sus lagunas no son anaeróbicas. A continuación, se presenta el análisis realizado para llegar a dicha conclusión.

PP-55: Plantel de Angostura

De acuerdo a la información del Informe de inspección ambiental[38] realizado en el año 2015, se indican los principales hechos detectados por el organismo fiscalizador en relación a la existencia de laguna anaeróbica:

[38] Disponible en http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1002064

- Se constató en inspección, que laguna anaeróbica se encuentra colmatada con residuos líquidos, y en su capacidad de almacenamiento al límite, generando peligros de derrame que pueden afectar y contaminar el suelo, cursos de aguas superficiales y aguas subterráneas, en caso de lluvias.
- En la fiscalización, se observa costra en la superficie de la laguna anaeróbica, lodos en exceso, lo que genera presencia de malos olores […].
- Construcción de un muro alrededor de la laguna anaeróbica, sin contar con una Resolución de Calificación Ambiental favorable.
- La laguna anaeróbica colmatada con residuos líquidos, y en su capacidad de almacenamiento al límite.

La información anterior permite concluir que la laguna existente en el plantel no tiene un funcionamiento óptimo, no posee tapa, y además no se cumplen las condiciones para un tipo de tratamiento secundario. Finalmente, se concluye que el tratamiento está asociado a una laguna anóxica.

PP-87 y PP-88: Plantel parcela 33 y Plantel parcela 35

De acuerdo a la información presentada en el documento *Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de Medidas para la Reducción de Emisiones en el Sector Agropecuario, en el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana* (POCH, 2015), si bien se asocia la existencia de laguna anaeróbica a los planteles, la definición de laguna anaeróbica presentada en el documento hace referencia a "Tratamiento anaerobio del purín en lagunas abiertas" lo que implica la no existencia de tratamiento secundario. De esta manera, se concluye que en verdad corresponden a lagunas anóxicas.

PP-122: Familia La Higuera

De acuerdo a la información recopilada de la aprobación del DIA del proyecto "Ampliación Grupo 9 La Higuera de Agrícola Súper Ltda"[39] se concluye la existencia de laguna anóxica.

"El tratamiento tipo biológico consiste en una laguna existente de 30,976 m^3 de capacidad total, ubicada a 80 mts del pozo ecualizador y la prensa. Con la ampliación del grupo reproductor el volumen de almacenamiento de la laguna aumentara el doble, es decir, aproximadamente a 63,000 m^3. En estas lagunas se producirá la degradación orgánica en ausencia de oxígeno"

PP-123-Familia Los Chinos Las Mercedes

[39] Disponible en https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014082602/DIA_1967_DOC_2129762616.pdf

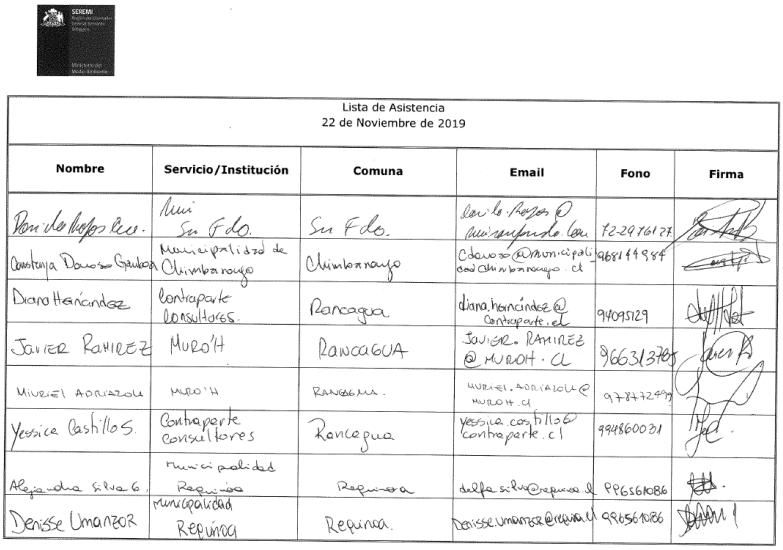
De acuerdo a la información recopilada de la aprobación del DIA del proyecto "Laguna de estabilización, grupo n° 13, los chinos"[40] se concluye que si bien el plantel cuenta con lagunas de acumulación (o almacenamiento), no se produce las condiciones necesarias para configurar una laguna anaeróbica, indicando además que el tratamiento es primario. Por último, en los procesos de seguimiento y fiscalización, se menciona la existencia de laguna de almacenamiento, lo que reafirmaría la existencia de la laguna anóxica sin tratamiento secundario.

PP-92-Plantel Porcino Ñiquen

De acuerdo a la información presentada en la calificación ambiental del proyecto “Plantel porcino agrícola, ganadera y comercial rio Ñiquén Eirl”[41], se establece la existencia de unidades de tratamiento, conformado por una piscina revestida de hormigón que conducirá los efluentes hasta la maquina prensadora y luego una piscina decantadora, la que contará con un indicador biológico para medir la calidad del residuo generado. Finalmente, en el documento se establece la existencia de tratamiento primario, por lo que se concluye la existencia de laguna anóxica.

11.10 Anexo 10: Lista de asistentes y fotografías de las actividades de difusión

A continuación, se presenta la información de la lista de asistentes a las actividades realizadas en las distintas ciudades.



Lista de Asistencia
22 de Noviembre de 2019

Nombre	Servicio/Institución	Comuna	Email	Fono	Firma
[illegible]	[illegible] San Fdo.	San Fdo.	[illegible]	72-2976127	
Constanza Daroce Gaubon	Municipalidad de Chimbarongo	Chimbarongo	cdaroce@municipalidadchimbarongo.cl	98814 4984	
Diana Hernández	Contraparte Consultores.	Rancagua	diana.hernandez@contraparte.cl	94095129	
Javier Ramirez	MUROH	RANCAGUA	JAVIER.RAMIREZ@MUROH.CL	966313785	
MIURIEL ADRIAZOLA	MUROH	RANCAGUA.	MURIEL.ADRIAZOLA@MUROH.CL	97877259	
Yessica Castillos.	Contraparte consultores	Rancagua	yessica.castillo@contraparte.cl	994860031	
Alejandra Silva G.	Municipalidad Requínoa	Requínoa	dalfa.silva@requinoa.cl	99656 1086	
Denisse Umanzor	Municipalidad Requínoa	Requínoa.	denisse.umanzor@requinoa.cl	99656 1086	

[40] Disponible en https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014082602/DIA_2025_DOC_2129762544.pdf
[41] Disponible en https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=1792815

Lista de Asistencia
22 de Noviembre de 2019

Nombre	Servicio/Institución	Comuna	Email	Fono	Firma
Miguel Angel Marchant Aviles	Ilustre Municipalidad de Coinco	Coinco	mmarchant@muncoinco.cl	9868 9913	
Pamela García M	Seremi Agricultura	Rancagua	pamela.garcia@minagri.gob.cl	2221711	
Julio Morales Fuentes	SEREMI ENERGÍA	RANCAGUA	JMORALES@MINENERGIA.cl	98442789	
Santiago Olivares	SMA	Rancagua	—	—	
Susana Sánchez	SMA	Rancagua	—	—	
Karina Olivares	SMA	Rancagua	—	—	
Paula Silva V.	SAG	Rancagua	paula.silva@sag.gob.cl	98707000	
Alejandro Gaby	SEREMI Desarrollo Social y F.	RANCAGUA	AGABY@DESARROLLOSOCIAL.cl	—	

Lista de Asistencia
22 de Noviembre de 2019

Nombre	Servicio/Institución	Comuna	Email	Fono	Firma
Maria Olivares	M. de Codegua	Codegua	m.covedes@municipalidaddecodegua.cl	2728735	
Damaris Mena	M. Rancagua	Rancagua	damaris.mena@rancagua.cl	956408352	
Paola Larrachea	I. Santo Tomás	Rancagua	paola.larrachea@gmail.com	96728191	
Potencia Morales	M/A - Graneros	Graneros	pmorales.carabos@gmail.com	65331047	
Pedro Pablo Miranda	Inspector Medioambiental	Rancagua	pedro.miranda@mma.gob.cl	97976497	
Claudia Olivares	SEA O'Higgins	Rancagua	colivares@sea.gob.cl	72 2229770	
Juan Carlos Alarcón Arriagada	SEA O'Higgins	Rancagua	JALARCON@SEA.gob.cl	72.2229770	
Montserrat Barrosa Ziegler	Gobierno Regional O'Higgins	Rancagua	montserrat.barrosa@delegadoohiggins.gob.cl	95682177	

Lista de Asistencia
22 de Noviembre de 2019

Nombre	Servicio/Institución	Comuna	Email	Fono	Firma
Liliana Gonzalez	Seremi Minvu	Rancagua	lgonzalez@minvu		
Fernanda Orellana Henríquez	MUNICIPALIDAD LA ESTRELLA	LA ESTRELLA	fernanda.orellana@municipalidadlaestrella.cl	989171626	
Cristián Fernández	"	"	cristian.fernandez@municipalidad		
Constanza López G.	Municipalidad de las Cabras	Las Cabras	medioambiente@lascabras municipalidad.cl	90459910	
Carola Arraica Carroca	I. MUNICIPALIDAD DE COLTAUCO	COLTAUCO	carol.arraica@coltauco.cl		
Carolina Reyes Contreras	Instituto Nacional Agronómico y Veterinario/Universidad de O'Higgins	San Fernando	carolina.reyes@uoh.cl	956181047	
José Olave	MUN. NANCAGUA DPTO. MEDIOAMBIENTE	NANCAGUA	José.olave@municipalidadnancagua.cl	95631710	
Jonathan Farías D.	MUN. NANCAGUA DPTO. MEDIOAMBIENTE	NANCAGUA	JONATHAN.FARIAS@municipalidadnancagua.cl	95631710	

Lista de Asistencia
22 de Noviembre de 2019

Nombre	Servicio/Institución	Comuna	Email	Fono	Firma
Francisca Sobarzo T.	M. Ambiente Palmilla	Palmilla	Medioambiente palmilla@gmail.com	983093225	
Yarlene Sepúlveda	Contraparte	Rancagua	musicaro.sepulveda@contraparte.cl	97993190	

Figura 11-19 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Rancagua con servicios públicos y academia

SEREMI Región del Maule — Ministerio del Medio Ambiente

Reunión informativa del anteproyecto de la Norma de Emisión de olores para el sector porcino.

03 de diciembre de 2019

SEREMI del Medio Ambiente — Región del Maule

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	FIRMA
Daniela Caimanque	MMA	dcaimanque@mma.gob.cl	–	
Jessica Salas Castillo	MMA	jsalas@mma.gob.cl	–	
Patricio Bustos Z.	SVA	patricio.bustos@sva.gob.cl	–	
Mª Elisa Quinteros C	UTalca	mquinteros@utalca.cl	–	
Alejandro Christen F.	SEA	rchristen.7@sea.gob.cl	–	
Paulina Albornoz Castillo	Municipalidad San Javier	paulina.albornoz@msanjavier.cl	–	
Sebastián Caballero Utizio	Municipalidad de Constitución	scaballero@municonstitucion.cl	–	
Antonio M. Cabrera Ariza	UCM	acabrera@ucm.cl		
Katherin Jarque Albornoz	Municipalidad de Rancagua	k.jarque@municrancagua.cl	–	
Sebastián Alvarado Acosta	MINVU	saalvarado@minvu.cl	–	

SEREMI Región del Maule – Ministerio del Medio Ambiente	Reunión informativa del anteproyecto de la Norma de Emisión de olores para el sector porcino. 03 de diciembre de 2019	SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	FIRMA
Eduardo Ávila Acevedo	SMA	eduardo.avila@sma.gob.cl	2350001	
Mariela Valenzuela Hube	SMA	mariela.valenzuela@sma.gob.cl	2350001	
Felipe Varas Concha	UTALCA - KiPUS	fvaras@utalca.cl	75-2201808	
Diógenes Hernandez	UTALCA	dhernandez@utalca.cl	99539057	
François Román C.	Seremi del Medio Ambiente	fromanc@mma.gob.cl	71-224/304	
Patricio Carrasco	SEA	pcarrasco.f@sea.cob.cl	712231191	
Pamela Araya	I. Municipalidad de Talca	parayaa@talca.cl	712203964	
Mónica Muñoz	Seremi de Salud.	monica.munoz@redsalud.gov.cl	712411089	
Pablo Sepulveda Gutierrez	SEREMI MEDIO AMBIENTE	psepulveda.g@mma.gob.cl		
Jorge Villaseñor Fica	Universidad de Talca	jvillasa@utalca.cl	982532308	

SEREMI Región del Maule – Ministerio del Medio Ambiente	Reunión informativa del anteproyecto de la Norma de Emisión de olores para el sector porcino. 03 de diciembre de 2019	SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	FIRMA
Carolina Vega Gatica	SEREMI del Medio Ambiente	cvega@mma.gob.cl	71.2341312	
Nadia Rojas V.	Universidad de Talca	NROSAS@UTALCA.cl	83036972	
Marcela Zúñiga Q.	Depto Salud Talca	mzuniga@apsltda.cl	975174081	
Carla Escendar B	Medio Ambiente	cescendar@ndur.cl	96313191	
Carolina Manzi Navarro	BIGAM - Municip. Curicó	carolina.manzi@curico.cl	0,77080291	
Gabriela Alvarez de Araya L.	I. Municipalidad de Romeral	medioambiente@muniromeral.cl	965807310	
Marco Espinoza Barrera	Municipalidad de Teno Medio Ambiente	medioambiente@teno.cl	978957470	
Nicolás San Martín Díaz	Municipalidad San Clemente	[illegible]	983026331	
Diego Becerra Contreras	Municipalidad de San Clemente	dbecerra@sanclemente.cl	962208454	
Mario Arrieta C.	SEREMI del Medio Ambiente	marrietac@mma.gob.cl	71.2341305	

SEREMI Región del Maule – Ministerio del Medio Ambiente	Reunión informativa del anteproyecto de la Norma de Emisión de olores para el sector porcino. 03 de diciembre de 2019	SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	FIRMA
Adolfo Uribe Poblete	Universidad Autónoma	adolfo.uribe@uautonoma.cl	972/511193	

Figura 11-20 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Talca con servicios públicos y academia

Presentación Anteproyecto Norma de Olores del Sector Porcino
05 de diciembre de 2019, Santiago

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CONTACTO	FIRMA
Jessica Salas Castillo	MMA	jsalas@mma.gob.cl	
Camila Cabrera	DICTUC / Green Lab	ccabrer@uc.cl	
Diego Ramírez Arévalo	SEREMI MA RMS	dramirez@mma.gob.cl	
Nathaly Reyes Neira	SEREMI MMA RM	NReyesn@mma.gob.cl	
Vanessa Vásquez Donell	Seremi MMA RM	vvasquez@mma.gob.cl	
Carolina Correa	Seremi MA. RM.	ccorrea@mma.gob.cl	
Cecilia Arrocho S	Seremi M.A RM	carrocho@mma.gob.cl	
MANUEL PASSALACQUA A	SEREMI MMA RMS	MPASSALACQUA@MMA.GOB.cl	
PAULINA CONTRERAS SAN MARTÍN	SEREMI MMA RM	plcontreras@uc.cl	

Figura 11-21 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Santiago con profesionales de la Seremi de Medio Ambiente RM de diversas áreas

COMITÉ OPERATIVO AMPLIADO NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN PLANTELES PORCINOS QUE, EN FUNCION DE SUS OLORES, GENERAN MOLESTIA Y CONSTITUYEN UN RIESGO A LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN

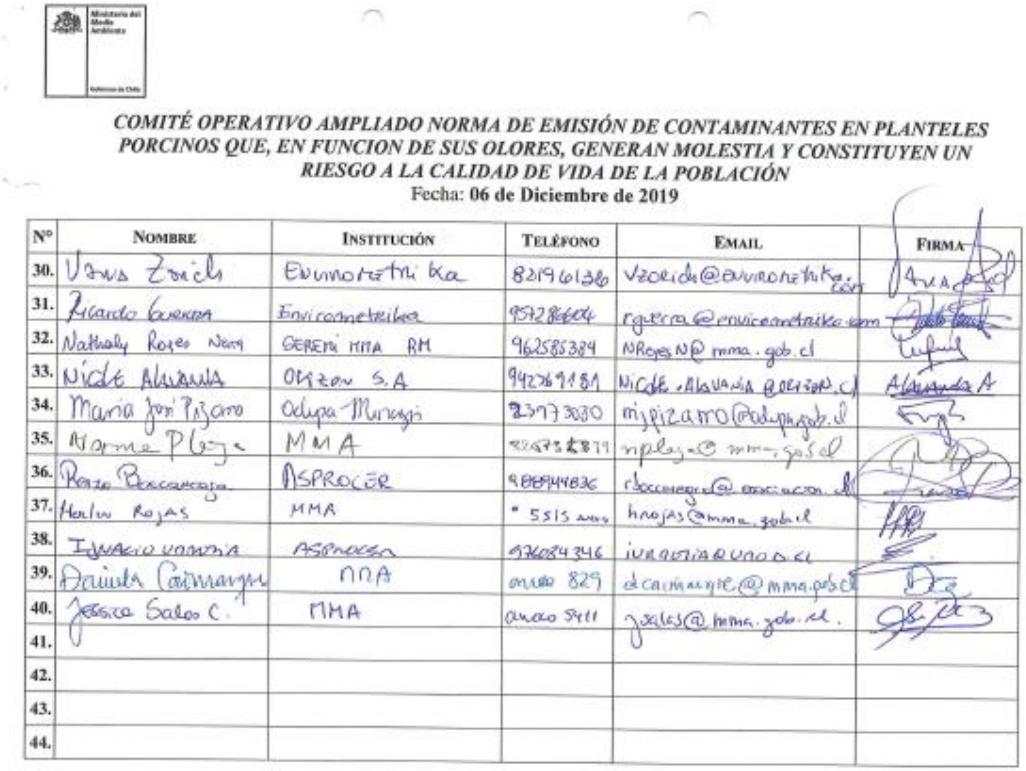
Fecha: 06 de Diciembre de 2019

Nº	Nombre	Institución	Teléfono	Email	Firma
1.	Bruno Robaiskiewicz	Lorzesca	99513978	brobaiskiewicz@lorzesca.cl	
2.	Juan José Cabezas	Inacap	09 47313880	juan.jose.cabezas@inacap.cl	
3.	Fernando Correa	Agrícola Los Tilos	986591149	[illegible]	
4.	Mario Jaime A	Agrícola Los Tilos	964075103	[illegible]	
5.	Elizabeth Ellman	Maxagro	95253396	eellman@maxagro.cl	
6.	Sebastián Febres	Terram	962363603	[illegible]	
7.	Claudio Pérez C.	Sepram	94464603	c.perez@sver.com	
8.	Christian Bustos C.	Solinax	976193883	cbustos@solinax.cl	
9.	Pietro Aranibar	ARCADIS	995139962	[illegible]	
10.	GERHARD SCHLEENSTEIN	ECOTEC	966166318	GERHARD@ECOTEC.CL	
11.	Carolina Vega G.	Sepram del Medio Ambiente - Rep. del Maule	71234312	cvega@mma.gob.cl	
12.	Gustavo Cáceres	S.A.G.	223451546		
13.	Fabio Carreño	PUCV	220985764	fabio.carreno@pucv.cl	
14.	Alejandro Gebauer	AASA	994358076	agebauer@aasa.cl	

COMITÉ OPERATIVO AMPLIADO NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN PLANTELES PORCINOS QUE, EN FUNCION DE SUS OLORES, GENERAN MOLESTIA Y CONSTITUYEN UN RIESGO A LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN

Fecha: 06 de Diciembre de 2019

Nº	Nombre	Institución	Teléfono	Email	Firma
15.	Luis Montecinos	Eurofresh	99592521	luis.montecinos@eurofresh.cl	
16.	Fernando Rojas	Eurofresh	942232285	fernando.rojas@eurofresh.cl	
17.	Jodi Vásquez	Agrícola AASA Ltda	974397262	jodi.vasquez@aasa.cl	
18.	Carmen Gloria Mardones	Sun Develable SA	989344978	cmardones@sundevelable.cl	
19.	Gustavo Michelangeli	Agrícola AASA Ltda	955312202	gustavo.michelangeli@AASA.cl	
20.	Miguel Gabriel Rivera	PROTEGM	988006705	mgabriel@protegm.cl	
21.	Cecilia Gouthey	INACAP	93215203	cgouthey@inacap.cl	
22.	Alvaro Ulloa Olivares	BESTEN	993350194	alvaro.ulloa@besten.cl	
23.	Fabiola De Giorgio	Serpram	92940664	fabiola.degiorgio@sver.com	
24.	Fernanda Orellana Méndez	Municipalidad de la Estrella	989179626	fernanda.orellana@laestrella.cl	
25.	Montserrat Jaimet Leiva	ASIPES	988192168	mjaimet@asipes.cl	
26.	Vanessa Espinoza V.	P. Landes S.A	962857081	vespinoza@landes.cl	
27.	Areli Kenzel C.	Blumar S.A	412269400	areli.kenzel@blumar.com	
28.	Alejandra Silva González	Municipalidad de Requínoa	996561086	[illegible]	
29.	Denisse Umanzor Escobar	Municipalidad de Requínoa	996561086	denisse.umanzor@requinoa.cl	



COMITÉ OPERATIVO AMPLIADO NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN PLANTELES PORCINOS QUE, EN FUNCION DE SUS OLORES, GENERAN MOLESTIA Y CONSTITUYEN UN RIESGO A LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN

Fecha: 06 de Diciembre de 2019

Nº	Nombre	Institución	Teléfono	Email	Firma
30.	Uzua Zoicli	Envirometrika	82196138	Vzoicli@environetrika.com	
31.	Ricardo Guerra	Envicometrika	95728604	rguerra@envicometrika.com	
32.	Nathaly Reyes Nova	GERENCIA MMA RM	962585384	NReyesN@mma.gob.cl	
33.	Nicole Alavania	Orizon S.A	942691181	Nicole.alavania@orizon.cl	
34.	María José Pizarro	Odepa-Minagri	23773030	mjpizarro@odepa.gob.cl	
35.	Norma Pleja	MMA	[illegible]	npleja@mma.gob.cl	
36.	Rosa Boccaccio	ASPROCER	988944836	rboccaccio@asprocer.cl	
37.	Helen Rojas	MMA	5515 anex	hrojas@mma.gob.cl	
38.	Ignacio Varela	ASPROCER	976084346	ivarela@uno.cl	
39.	Daniela Caimanque	MMA	anexo 829	dcaimanque@mma.gob.cl	
40.	Jessica Salas C.	MMA	anexo 5411	jsalas@mma.gob.cl	
41.					
42.					
43.					
44.					

Figura 11-22 Lista de asistentes actividad de difusión realizada en Santiago con el Comité Operativo Ampliado

A continuación, se presentan las fotografías asociadas a las actividades de difusión realizadas.

Figura 11-23 Fotos de la actividad de difusión realizada en Talca con servicios públicos y academia (3 de diciembre)

Figura 11-24 Actividad de difusión realizada en Santiago con profesionales de la Seremi de Medio Ambiente RM (5 de diciembre)

Figura 11-25 Fotos de la actividad de difusión realizada en Santiago con Comité Operativo Ampliado (6 de diciembre)