



Apoyo en el proceso de levantamiento de antecedentes técnicos para el proceso de elaboración de norma de emisión de olores de planteles porcinos en Chile

Estudio solicitado por ASPROCER

Santiago, 15 de febrero 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

María Teresa Alarcón,
Ingeniera Civil en Biotecnología Ambiental
m.alarcondictuc.cl

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	I
Lista de Tablas.....	I
Lista de Figuras.....	II
Acrónimos y Abreviaturas.....	III
1. Introducción	1
2. Objetivos del estudio	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. Análisis de política comparada	3
3.1 Criterios diferenciadores de normativa	5
3.2 Sectores regulados	9
4. Estimación de cumplimiento y costos asociados	13
4.1 Estimación línea base de emisiones de olor	14
4.2 Estimación de cumplimiento de concentración.....	18
4.3 Estimación de cumplimiento de distancia mínima	23
5. Costos de monitoreo	26
6. Conclusiones.....	29
7. Bibliografía	33
8. Anexos.....	34
8.1 Conceptos generales	34
8.2 Actual legislación en materia de urbanismo y construcción (LGCU) y la posible dificultad en la aplicación de una normativa de olores.....	36
8.3 Revisión internacional de normativa para olores	38
8.4 Datos receptor más cercano y concentración	47
8.5 Cálculo del factor emisión concentración.....	48

Lista de Tablas

Tabla 3-1 Tipos de regulaciones de olores en la experiencia internacional.....	4
--	---

Tabla 3-2 Factores diferenciadores en regulación de olor	6
Tabla 3-3 Categorización de las actividades generadoras de olores según su nivel de ofensividad	10
Tabla 3-4 Países que especifican ciertos sectores productivos en su regulación de olores	11
Tabla 4-1 Factores de emisión internacionales	15
Tabla 4-2 Factores de emisión para los casos de estudio.....	15
Tabla 4-3 Factores de emisión nacionales obtenidos a partir de casos de estudio	16
Tabla 4-4 Procedencia de emisiones de olor en casos de estudio en planteles chilenos	17
Tabla 4-5 Supuestos utilizados para la estimación de las reducciones y cálculo de los costos de cumplimiento	18
Tabla 4-6 Resultados estimación de cumplimiento de normativa de concentración	21
Tabla 4-7 Priorización de medidas de reducción de olores.....	21
Tabla 4-8 Análisis de implementación de medidas de reducción de olores	22
Tabla 4-9 Categorización de las actividades generadoras de olores según su nivel de ofensividad	24
Tabla 4-10 Resultados estimación de cumplimiento de normativa de distancia.....	24
Tabla 4-11 Análisis de implementación de medidas de reducción de olores	25
Tabla 5-1 Costos para los planteles asociados al cumplimiento de la normativa	27
Tabla 5-2 Costo de fiscalización y monitoreo para cada plantel	28
Tabla 8-1 Normas relacionadas a la medición de olores	35
Tabla 8-2 Resumen de la experiencia internacional en regulación de olores.....	38
Tabla 8-3 Comparación de los instrumentos internacionales de regulación	42
Tabla 8-4 Datos de concentración en receptor más cercano para ciertos planteles	47
Tabla 8-5 Resumen de información de emisiones, concentración y distancia al receptor más cercano para diferentes planteles	48
Tabla 8-6 Cálculo de ecuaciones para FEC.....	50

Lista de Figuras

Figura 4-1 Relación FEC – Distancia	20
Figura 8-1 Proceso de cuantificación del impacto de olores.....	35

Acrónimos y Abreviaturas

ASPROCER:	Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile
DIA:	Declaración de impacto ambiental
D/U:	Razón dilución/umbral
FEC:	Factores Emisión-Concentración
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente
PTAS:	Planta de tratamiento de aguas servidas
RCA:	Resolución de calificación ambiental
SEIA:	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
TEO:	Tasa de emisión de odorante
USD:	Dólares de Estados Unidos

Formato

"." separador decimal

"," separador de miles

1. Introducción

El día 14 de noviembre de 2018, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) promulgó la Resolución Exenta N° 1.081 la cual ***“Da inicio a la elaboración del anteproyecto de 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”***. Esta Resolución abre la opción de la presentación de antecedentes técnicos, socioeconómicos y jurídicos.

Es por esto que el presente documento busca generar un análisis del diseño normativo como también de los impactos en la industria de crianza o engorda de cerdos. Esto incluye el análisis crítico del proceso normativo iniciado por el MMA, en cuanto a los sectores emisores de olores a considerar, el nivel de exigencia que se encuentra en discusión, como también un análisis de cumplimiento normativo y sus costos asociados.

2. Objetivos del estudio

2.1 Objetivo general

Analizar críticamente el proceso normativo iniciado por el MMA, permitiendo aportar con nuevos antecedentes técnicos al expediente que analicen, entre otros temas, la opción de regular un solo sector productivo para controlar olores y de hacerlo a través de norma de emisión. De esta manera, el análisis permite disponer de antecedentes fundados para evaluar los efectos en la actividad productiva porcina producto de la formulación de la norma y evaluar la existencia de antecedentes suficientes para normar.

2.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un levantamiento de antecedentes internacionales para desarrollar un análisis de política comparada a nivel mundial, con especial interés en los criterios diferenciadores de normativa y sectores regulados.
2. Análisis crítico en relación al diseño de una norma aplicable a un solo sector
3. Análisis crítico en relación a los criterios normativos y diferenciadores
4. Evaluar el impacto socioeconómico respecto al cumplimiento normativo y sus posibles riesgos asociados a sobrecostos por regulación de olores.

3. Análisis de política comparada

De manera inicial se busca realizar una revisión de la experiencia internacional en la temática de la regulación de las emisiones de olores. Esta revisión permite obtener una visión general acerca de cómo se aborda el problema y qué herramientas o instrumentos han demostrado ser los más exitosos.

Se utiliza como base de análisis el documento *“A review of odour impact criteria in selected countries around the world”* (Brancher, Griffiths, Franco, & de Melo Lisboa, 2017) el cual levanta la regulación en tema de olores para 30 experiencias distintas. De cada experiencia internacional se levanta el respaldo normativo de la regulación, así como el ámbito de aplicación. La Tabla 8-2, del Anexo 8.3 presenta un resumen de las experiencias revisadas. Adicionalmente, en el contexto del presente estudio se considera relevante recopilar todos los sectores que se incluyen de manera explícita en dicha regulación.

La Tabla 3-1 presenta los instrumentos utilizados para la regulación, en donde se identifican las siguientes opciones; 1) Limite de emisión/concentración, 2) Distancia mínima, 3) Limite de impacto y 4) Limite de razón dilución/umbral. Como se aprecia en dicha tabla, los instrumentos de regulación más recurrentes corresponden a límite de concentración y distancia mínima, en donde un 50% y 84% de los países analizados los incorporan a su regulación, respectivamente.

Las secciones a continuación presentan un análisis crítico en mayor detalle de la experiencia internacional revisada respecto a dos puntos de especial interés: los niveles de exigencia normativa diferenciadores según algún criterio (Sección 3.1) y los sectores considerados en la regulación (Sección 3.2).

Tabla 3-1 Tipos de regulaciones de olores en la experiencia internacional

País	Regulación				
	Distancia mínima	Límite de concentración/emisión	Máximo impacto	Razón Dilución/Umbral (D/U)	Meta de concentración/emisión
Alemania	X				
Australia	Queensland	X	X		
	New South Wales		X		
	South Australia	X	X		
	Victoria	X	X		
	Western Australia	X	X		
Austria	X	X			
Bélgica	Walloon	X	X		
	Flanders	X	X		X
Brasil	Paraná	X	X		
	Sao Paulo		X		
Canadá	Quebec	X	X		
	Manitoba		X		
	Ontario	X	X		
Colombia		X			
Corea del Sur	X		X		
Dinamarca	X	X			
España	Catalonia		X		
Estados Unidos	X	X			
Francia		X			
Hong Kong	X	X			
Irlanda		X			X
Israel		X			
Italia	Lombardy		X		
	Puglia			X	
Japón		X			
Noruega			X		
Nueva Zelanda		X			
Países bajos	X		X		
Panamá		X		X	
Reino Unido		X			
Taiwán		X			
TOTAL	16	27	4	1	2
	50%	84.4%	12.5%	3.1%	6.3%

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

3.1 Criterios diferenciadores de normativa

Como se declara en el primer artículo de la resolución que aprueba la actualización de la estrategia nacional de olores (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b), la finalidad de la gestión de olores es mejorar la calidad de vida de las personas. Esto se traduce en prevenir y reducir la exposición de receptores a olores considerados ofensivos.

Esto implica que, desde una perspectiva general, si no hay receptores que puedan ser impactados negativamente por los olores ofensivos, no tiene sentido la aplicación de una normativa y la consecuente inversión en medidas para cumplir con dicho estándar, ya que no existen beneficios, sólo costos (ver Sección 4 y Sección 5). En este caso y desde una perspectiva de evaluación normativa de costo/beneficio¹, esta normativa no sería viable socioeconómicamente. Entonces, bajo un criterio costo-beneficio se debiese considerar que mientras más receptores afectados existan, la normativa debiese ser más exigente, lo que justifica per se la existencia de criterios diferenciadores.

En línea con lo anteriormente expuesto, debido que una normativa de olores no se considera directamente como una norma primaria de calidad, sino que más bien tiene un objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y no directamente de proteger la salud, se espera que una vez identificados, cuantificados y valorizados los beneficios asociados a la normativa, estos sean más bajos en comparación a los beneficios de una norma de calidad primaria. Esto, sumado a los costos asociados al cumplimiento normativo (ver Sección 4 y Sección 5), y bajo una perspectiva de análisis y evaluación bajo un método de análisis costo beneficio, justificaría aún más la existencia de criterios diferenciadores asociado al número de receptores afectados.

El análisis comparativo de las políticas internacionales confirma este enfoque; presentando criterios diferenciadores tanto según densidad poblacional, como uso de suelo, entre otros.

En la experiencia internacional existe una recurrencia de enfoque de instrumentos para la regulación de olores, en donde las principales diferencias se encuentran en estos criterios que generan variaciones en dichos instrumentos. Esto se refiere a los puntos críticos que generarán un cambio en la severidad de la regulación. La Tabla 8-3, del Anexo 8.3.1 presenta la recopilación de la definición de niveles de exigencias de las regulaciones a nivel internacional.

Es altamente relevante la identificación y análisis de los criterios diferenciadores de normativa de olor, ya que, es en estos criterios en los cuales se demuestran las prioridades de protección y de mayores generadores de impactos. Con este fin se genera la Tabla 3-2, en la cual se sistematizan estos criterios o factores para poder analizar las experiencias internacionales en conjunto.

¹ En general la normativa de gestión ambiental, en Chile, se evalúa con la metodología de Análisis Costo Beneficio (ACB)

Tabla 3-2 Factores diferenciadores en regulación de olor

País	Criterios						
	Uso de suelo	Características del olor ^a	Nueva o existente	Población	Tipo de actividad	Tamaño de la actividad	Otros
Alemania	X						
Australia	Queensland	X				X	X
	New South Wales			X	X		
	South Australia				X	X	
	Victoria	X				X	
	Western Australia	X				X	X
Austria	X	X					
Bélgica	Walloon	X	X			X	
	Flanders	X	X	X		X	
Brasil	Paraná		X		X		
	Sao Paulo		X				
Canadá	Quebec	X		X		X	X
	Manitoba	X					
	Ontario	X				X	
Colombia		X			X		
Corea del Sur	X						
Dinamarca	X				X		
España	Catalonia		X	X			
Estados Unidos	X						Reclamos
Francia			X		X		
Hong Kong	X						
Irlanda			X		X		
Israel	X		X				
Italia	Lombardy		X	X	X		
	Puglia	X		X	X		
Japón				X			Condiciones geográficas
Noruega	X	X		X	X		
Nueva Zelanda	X			X			
Países bajos	X			X			
Panamá	X	X					
Reino Unido		X			X		
Taiwán	X						
TOTAL	21	11	9	9	14	3	2
	65.6%	34.4%	28.1%	28.1%	43.8%	9.4%	6.3%

^aLas características del olor pueden ser ofensividad, intensidad, etc.

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

Como se puede apreciar, el criterio más recurrente para diferenciar la normativa de olores es el uso de suelo, lo cual determinará la “sensibilidad” de este, a olores molestos. Por este motivo se imponen valores más restrictivos de concentración a zonas residenciales que a zonas industriales y agrícolas. Esto implica que en usos de suelo que son originalmente industriales o agrícolas y no residenciales se justifica, según el análisis de política comparada, un criterio más bajo de normativa, debido a que el beneficio esperado por la implementación de dicha normativa, asociado a los receptores, es menor.

Bajo este último punto, es interesante advertir la disyuntiva existente cuando una zona industrial o agrícola comienza a densificarse con la instalación de viviendas con destino habitacional. En el documento “Propuesta para avanzar hacia un ordenamiento territorial compatible con la producción agropecuaria intensiva” realizada por ASPROCER en 2015, se identifican las principales causales de conflicto o incompatibilidades que afecta actualmente al sector pecuario intensivo, el cual tradicionalmente se inserta en el área rural, pero que debido a las normativas urbanísticas vigentes ha visto como ese territorio se ha densificado con la instalación de viviendas de destino habitacional, debido al crecimiento de subdivisiones para parcelas de agrado en áreas rurales y de conjuntos de viviendas sociales construidos fuera de las áreas urbanas establecidas en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). El Anexo 8.2 presentan los antecedentes jurídicos que dan cuenta de ésta situación, punto desarrollado por María Isabel Mallea Alvarez² en el documento “Ordenamiento territorial y la dimensión ambiental de los instrumentos de planificación en Chile” (Revista Derecho, N°20).

Dado lo descrito en el último párrafo, se levanta la necesidad de que una normativa de olores que se dicte a futuro tenga en consideración este punto realizando un análisis de política comparada a nivel internacional que identifique experiencias exitosas en esta materia. En ese sentido resulta interesante el trabajo realizado por los Países Bajos, quienes mediante la utilización de modelación de área de las emisiones de los diferentes establecimientos ubicados en un zona, entregan criterios para la planificación espacial del territorio y la entrega de permisos de edificación en zonas rurales³.

El segundo criterio diferenciador más utilizado es el tipo de actividad generadora de olores, presente en un 43.8% de las experiencias internacionales. La normativa difiere según la actividad dependiendo de las cualidades “ofensivas” del olor generado por el tipo de actividad. Por ejemplo, las PTAS generan olores considerados más ofensivos debido a la naturaleza de estos.

Desde este punto de vista, y como puede apreciarse en detalle en la Tabla 8-3, del Anexo 8.3, la crianza de animales es una actividad que motiva la diferenciación respecto al nivel de exigencia, la cual no corresponde al nivel de exigencia más alto entre todos los sectores regulados.

² MARÍA ISABEL MALLEA ALVAREZ. Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Chile. Profesora de Legislación Medioambiental, Universidad de Valparaíso. Abogado de la Unidad de Medio Ambiente del Consejo de Defensa del Estado, Agustinas N° 1687, Santiago de Chile, mariaisabel.mallea@cde.cl

³ INFOMIL: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/geur/>

Adicionalmente, y como será detallado en la Sección 3.2 sólo una experiencia internacional revisada identifica específicamente al sector de crianza de cerdos, ya que generalmente se considera la crianza animal en general al momento de definir la normativa.

Se destaca también el uso del criterio diferenciador de instalaciones nuevas o existentes (presente en un 28% de las experiencias), ya que esta permite una transición más realista hacia la nueva normativa. Las emisiones de olores dependen del tipo de instalación y el tratamiento que se le dé a los residuos (ya sea basura, lodos, purines u otros), sobre todo en la crianza de animales. Por este motivo, una instalación nueva tendrá la opción de seleccionar las mejores tecnologías disponibles para disminuir su línea base y así facilitar el cumplimiento de la normativa. No así para instalaciones existentes, que tendrán un nivel de inversión considerablemente más alto para modificar tecnologías y sistemas existentes para poder cumplir con la nueva norma.

3.2 Sectores regulados

Según los estudios de recopilación de antecedentes y la estrategia de olores para Chile (Ecotec Ingeniería LTDA, 2013; Ministerio del Medio Ambiente, 2017a; Ministerio del Medio Ambiente, Caimanque, & Recordon, 2013) se identifican 12 actividades generadoras de olores como las principales fuentes ya sea por análisis de mayor número de denuncias, mayor número de instalaciones o mayor número de instalaciones involucradas en conflictos socio-ambientales debido a olores.

En la actualización de la estrategia nacional de olores (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a), aprobada por Resolución Exenta 1536 del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b), se priorizan las fuentes emisoras según los siguientes criterios:

- a) Actividades con mayor número de denuncias
- b) Actividades con mayor número de instalaciones
- c) Actividades involucradas en conflictos socioambientales debido a olores

Con respecto al criterio a), la actividad con más denuncias es la agroindustria, con 106, seguida por saneamiento ambiental, con 65 (para el período 2013-2016). Las actividades con mayor número de instalaciones son la crianza y engorda de animales (938), seguida por las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) (281). Finalmente, se identifican los sectores de crianza porcina, rellenos sanitarios, acopio de residuos sólidos, PTAS y minería como casos destacados de conflictos socioambientales debido a olores.

A partir del análisis según estos criterios, en la actualización de la Estrategia Nacional de Olores (Ministerio del Medio Ambiente, 2017a), se identifican 5 sectores prioritarios, los cuales corresponden a:

- Plantas de tratamiento de aguas servidas
- Plantas de harina de pescado
- Planteles porcinos
- Plantas de celulosa
- Sitios de disposición final de residuos

El estudio de generación de antecedentes para la regulación de olores (Ecotec Ingeniería LTDA, 2013) propone un esquema general para la regulación de actividades económicas que emiten olores. Este esquema plantea que el ámbito de aplicación de la regulación incluye todas las instalaciones existentes o futuras que pertenezcan a las actividades identificadas previamente como principales actividades generadoras de olores. También quedan incluidas todas aquellas

actividades que, aunque no pertenecientes a las actividades anteriormente indicadas, han sido causa de denuncias formales y fundadas por malos olores.

Adicionalmente, la consultoría de Ecotec Ingeniería LTDA (2013) propone establecer tres niveles de inmisión modelados en función de cuan ofensivo es el carácter del olor derivado de la actividad.

El estudio “Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile” desarrollado para el MMA (Aqualogy, 2014), categoriza las actividades emisoras de olor como se muestra en la Tabla 4-9.

Tabla 3-3 Categorización de las actividades generadoras de olores según su nivel de ofensividad

Nivel de ofensividad	Actividades
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de subproductos animales • PTAS • Plantas de tratamiento de RILes • Disposición final de residuos (rellenos sanitarios) • Fabricación de celulosa • Actividades pesqueras y de procesamiento de productos del mar • Talleres de redes (relacionado a pesca) • Curtiembres • Refinería de petróleo
Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Planteles y establos de crianza y engorda de animales • Fabricación de alimentos para mascotas • Plantas faenadoras de animales y mataderos
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Otras que no estén incluidas

Fuente: (Aqualogy, 2014)

Es relevante notar que planteles de crianza y engorda de animales se consideran con un nivel de ofensividad medio, sin embargo, es el único sector que actualmente se está proponiendo regular en el ámbito de olores. En la revisión internacional también se considera la crianza intensiva de animales como de ofensividad media (Irlanda, Colombia, Catalonia, entre otros) (Brancher et al., 2017; Irish Environmental Protection Agency, 2018). Más aún, en Alemania la crianza intensiva de aves tiene un factor de ofensividad mayor que la crianza intensiva de cerdos (Brancher et al., 2017).

Por su parte, en la experiencia internacional revisada (ver detalle en Anexo 8.3), se identifican sólo 10 (de un total de 30) experiencias de regulación en las cuales especifican algún sector de generación de olores en particular⁴, mientras que para todas las demás, la normativa es asociada

⁴ El que un país diferencie una actividad específica no significa que no considere otras actividades generadoras de olores en su normativa, sino que implica que dicha actividad identificada tiene una normativa particular (diferente

a actividades generadoras de olor, sin especificar, ni diferenciar, a actividades en particular. Las diez experiencias que especifican actividades en particular se presentan en la Tabla 3-4.

Como se puede ver en la tabla, es sólo un país, Irlanda, el que identifica de manera particular la crianza de cerdos mientras que el comportamiento general corresponde a que países identifican la crianza de animales en su totalidad. El 2001 Irlanda estableció guías para las actividades de crianza intensiva de animales, estableciendo estándares de concentración para todas las situaciones, especificando normativa para la crianza de cerdos. Aunque la normativa de Irlanda se especificó sólo para la crianza de cerdos, de igual manera se ajusta la normativa para el caso de la crianza de aves (Brancher et al., 2017), ya que la normativa para cerdos es menos exigente que la norma para todas las otras actividades.

Tabla 3-4 Países que especifican ciertos sectores productivos en su regulación de olores

País		Actividades diferenciadas
Australia	Queensland	Pollos broiler
	Victoria	Crianza de animales
Bélgica	Walloon	Crianza de cerdos y aves
	Flanders	Crianza de animales
Canadá -Quebec		Compostaje, Generación de biogás
Dinamarca		Crianza de animales
Estados Unidos		Crianza de animales
Francia		Compostaje
Irlanda		Crianza de cerdos
Países bajos		Crianza animal, panadería, matadero, compostaje, etc.

Fuente: Elaboración propia

A nivel de recomendaciones para la regulación de olores, tanto nacionales (en los estudios de antecedentes para la elaboración de la normativa) como internacionales (revisiones de la normativa en diversos países), se demuestra que la tendencia no ha sido identificar y normar un sector particular en la generación de olores, sino que diseñar una regulación que aplique a todas las actividades que generen impactos negativos relacionados al olor. Más aún, en el estudio de generación de antecedentes de olores (Ecotec Ingeniería LTDA, 2013) se analizan casos emblemáticos, los cuales corresponden a actividades de plantas de tratamiento de aguas servidas, pesqueras (productoras de aceite y harina de pescado) y un proyecto agroindustrial (centro de producción porcina, crianza, faena y tratamiento de efluentes y lodos).

Como se mencionó anteriormente, la resolución que aprueba la actualización de la Estrategia Nacional de Olores (Ministerio del Medio Ambiente, 2017b), define que la finalidad de la gestión

a la normativa de otras actividades que puedan estar normadas). Crianza de animales no presenta el criterio normativo más exigente.

de olores es mejorar la calidad de vida de las personas. Si se toma este objetivo (mejora de la calidad de vida de las personas), como el fin último de una normativa de olores que busca disminuir las molestias ocasionadas por el olor percibido por los receptores, la consideración de manera independiente de una fuente en particular, en este caso la crianza porcina, con un nivel de norma del olor generado para cada instalación particular, no garantiza que la concentración de olor en la población deje de ser molesto, esto debido a la posible emisión de olor proveniente otras actividades, que no se encontrarían normadas.

A partir del análisis de antecedentes nacionales, la revisión de las experiencias normativas internacionales (Sección 3) y complementando con el análisis conceptual de lo que busca conseguir el establecimiento de una normativa de olores, no se concluye, ni justifica, que la normativa sólo incluya a un sector de emisión de olores. Un correcto enfoque es evaluar las fuentes generadoras de olor en su conjunto, como se realiza en diversas experiencias internacionales como Alemania, Bélgica, Los Países Bajos, entre otros (Brancher et al., 2017). Establecer una norma sólo para el sector porcino y para cada plantel de manera particular, no soluciona el problema y entrega solo una solución parcial a una zona específica (i.e. el 79% de las instalaciones de crianza de animales se encuentran en las regiones Metropolitana, de Valparaíso y de O'Higgins).

4. Estimación de cumplimiento y costos asociados

La implementación de una norma de olores a planteles de cerdos tendrá evidentemente un efecto sobre la industria porcina. Para el cumplimiento de la norma habrá planteles que deberán implementar medidas de reducción de olores, pero también pueden existir casos de planteles que no podrán cumplir por la norma (por cercanía a receptores o falta de tecnologías de reducción).

Para poder obtener un acercamiento del efecto que tendrá una normativa de olores en los planteles de cerdos, a continuación, se estiman las tasas de emisión de olor de los planteles del país⁵ (Sección 4.1) y se desarrollan metodologías simplificadas que permiten predecir si estos planteles podrán o no cumplir con la nueva norma.

Se analizan los resultados de cumplimiento y costos asociados utilizando dos métodos independientes. El primero de ellos consiste en la estimación de un factor emisión-concentración (FEC) para predecir la concentración de olores en el receptor más cercano (Sección 4.2) mientras que el segundo utiliza una ecuación para predecir la distancia mínima del receptor más cercano para evitar molestias por el olor (Sección 4.3).

Finalmente, y utilizando ambas metodologías, se busca lograr que aquellos planteles que no cumplen en la línea base implementen medidas de reducción para lograr cumplir con la normativa. Esto permite realizar un análisis del costo que significaría para los planteles el cumplimiento de la normativa.

La estimación de cumplimiento, que se presenta en esta sección, se realiza siguiendo los siguientes pasos:

1. Estimación de línea base de emisiones
 - a. Identificación del número de cerdos de engorda y reproductoras de cada plantel
 - b. Cálculo de las tasas de emisión en pabellón, utilizando factores de emisión (Tabla 4-3)
 - c. Identificación de la cadena de manejo del purín para cada plantel, identificando si el plantel cuenta con alguna medida de reducción de emisiones (tratamiento secundario, cubierta en pozo de homogenización, etc.)
 - d. Cálculo de las emisiones para tratamiento y disposición utilizando las emisiones de pabellón y los porcentajes de distribución de emisiones y considerando si ya cuenta con alguna medida de reducción de emisiones (Tabla 4-4)

⁵ Utilizando la información generada por el estudio de Envirometrika (2018) como base para identificar los planteles y sus características

- e. Suma de las emisiones de pabellón, tratamiento y disposición (considerando las reducciones de las medidas ya instaladas), para obtener las emisiones totales de cada plantel
2. Estimar el cumplimiento de la normativa en base al criterio de concentración en el receptor más cercano o distancia mínima al receptor más cercano
3. Para aquellos planteles que no cumplan la normativa, simular la implementación de medidas de reducción de olores (priorizadas según su eficiencia de reducción)
4. Calcular el costo de implementación de las medidas de reducción de emisiones
5. Analizar el cumplimiento de los planteles al implementar todas las medidas factibles

Estos cálculos e información utilizada están disponibles en el Excel adjunto al presente documento.

A continuación, se presenta un mayor detalle metodológico para cada una de las etapas recién descritas.

4.1 Estimación línea base de emisiones de olor

Debido a la falta de factores de emisión locales para la estimación de emisiones de olores en la crianza intensiva de cerdos en Chile, se deben buscar maneras de estimar las emisiones ya sea adaptando los factores de emisión internacionales o buscando alternativas para estimar factores de emisión nacionales. En primera instancia se identificaron una variedad de factores de emisión en la revisión de bibliografía internacional, para luego indagar en las condiciones bajo las cuales estos factores de emisión presentan una mejor validez para la realidad nacional (tipo de pabellón, tipo de animal, etc.). Para que los factores de emisión internacionales sean aplicables a Chile se deben realizar los supuestos necesarios para la aplicación de dichos factores o en su defecto, e idealmente, utilizar factores de emisión nacionales, los cuales aún no se encuentran levantados formalmente.

De la revisión de bibliografía internacional, se encontraron 29 factores de emisión los cuales se clasificaron en seis tipologías dependiendo de las categorías de cerdos y tipo de pabellón que as su vez se promediaron para aquellos factores que tenían las mismas condiciones. Finalmente se llegó a 2 sets de factores de emisión potenciales a utilizar para categorías de cerdos. Cada set, de fuentes bibliográficas distintas, se presenta en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Factores de emisión internacionales

Set FE	Categoría	Emisión (OU _E /s-animal)	Características	Fuente
FE-1	Madres-otro	31.05	parcialmente ranurado	(Mielcarek & Rzeźnik, 2015)
	Madres-Cama caliente	31.05	parcialmente ranurado	
	Crianza-otro	10.88	parcialmente ranurado	
	Crianza-Cama caliente	19.84	camas calientes	
FE-2	Madres	25.0	S/I	(Hayes, Curran, & Dodd, 2006)
	Crianza	23.4	S/I	

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, el año 2018 se realizó en Chile un estudio el cual tenía como objetivo la “Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olor para la crianza intensiva de animales” (Envirometrika, 2018). Dentro de dicho estudio se realizaron dos proyectos piloto de estimación de emisiones de olor; uno en el plantel La Islita y otro en el plantel Santa Francisca. Para cada caso de estudio se realizaron mediciones para la obtención de las emisiones totales a lo largo de toda la cadena. En particular se presentan los resultados de los factores de emisión reales para la etapa de pabellón, estos son los presentados en la tabla a continuación.

Tabla 4-2 Factores de emisión para los casos de estudio

Caso de estudio	Categoría		Tasa de emisión ^a (OU _E /cerdo-s)						Promedio
La Islita	Gestación	Reproductoras	17.1						16.2
	Maternidad		15.3						
	Recría		0.3	3.9					
	Engorda		3.6	1.8	6.2	8.2	9.1	8	6.15
Santa Francisca	Gestación	Reproductoras	12.59						12.77
	Maternidad		12.94						
	Recría		2.73	3.85					
	Engorda		2.94	3.77	3.02	21.23	4.11	7.31	7.06

^aLos diferentes valores corresponden a mediciones en la mañana y en la tarde para cerdos en diferentes niveles de peso

Fuente: Elaboración propia a partir de (Envirometrika, 2018)

Como las bases de datos de planteles porcinos generadas en Chile no entregan información tan desagregada de categorías de cerdos, se promedian los valores, de manera de obtener factores de emisión para la categoría de reproductoras y engorda/crianza. Los casos de estudio cuentan con sistemas de manejo bastante comunes, con pabellón tipo pit o tradicional, así como con un pozo de homogenización, una prensa (separación sólido-líquido) y una laguna o estanque de acumulación de purín líquido y sector de acopio de purín sólido.

Al promediar los valores de la Tabla 4-2 para ambos casos de estudio se obtiene un factor de emisión para reproductoras de 14.48 OU_E/cerdo-s y para crianza o engorda de 6.61 OU_E/cerdo-s (Tabla 4-3).

Como se mencionó anteriormente, la experiencia internacional, en general, sólo contabiliza la emisión de olor de los pabellones. Esto se debe a que el resto del proceso ocurre en instalaciones externas (operados por terceros muchas veces) y la disposición como sólidos o como líquido se hace a gran escala en predios del país (venta como fertilizante), por lo cual la operación de la crianza animal se limita a los pabellones. Esto mismo origina la hipótesis de que, debido a su método de crianza de animales, los factores de emisión asociados a la etapa de pabellón deben ser mucho mayores en otros países que en Chile. De hecho, los valores presentados en la Tabla 4-2 son bastante menores que lo presentado en la Tabla 4-1 de factores de emisión internacionales, validando la hipótesis de la diferencia en la distribución de las emisiones de olor debido a las diferencias en los sistemas de crianza de los animales.

Tabla 4-3 Factores de emisión nacionales obtenidos a partir de casos de estudio

Categoría de cerdo	Tasa de emisión (OU _E /cerdo-s)
Reproductoras	14.48
Engorda	6.61

Fuente: Elaboración propia a partir de (Envirometrika, 2018)

Se estima pertinente para la presente evaluación utilizar los factores de emisión de pabellón provenientes de los casos de estudio nacionales.

Por su parte, según un estudio realizado en Irlanda, en el cual se estiman las emisiones de olores asociadas a la crianza de cerdos (Hayes et al., 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).

Por este motivo se utilizarán los estudios nacionales para la determinación de la proporción de las emisiones de olor que se le atribuyen a las diferentes etapas de la cadena de manejo del purín, así también como los factores de emisión asociados a pabellón, como se mencionó anteriormente.

A partir de los casos piloto del estudio de Envirometrika (2018) se obtienen los resultados presentados en la tabla a continuación con respecto a la procedencia de los olores en planteles de cerdos. Estos porcentajes, en conjunto con los factores de emisión de la Tabla 4-3 permitirán estimar, de manera simplificada⁶, las emisiones totales asociadas a cada plantel.

Tabla 4-4 Procedencia de emisiones de olor en casos de estudio en planteles chilenos

Área	Unidad de proceso	La Isleta	Santa Francisca	Promedio	Total
Pabellones	Gestación	6.1%	6.9%	6.5%	32.7%
	Maternidad	1.2%	0.9%	1.1%	
	Recría	2.5%	6.3%	4.4%	
	Engorda	22.1%	19.3%	20.7%	
Tratamiento	Estanques	4.9%	1.5%	3.2%	6.6%
	Filtros	4.2%	2.6%	3.4%	
Disposición	Acopio/apilamiento guano	0.2%	0.1%	0.2%	60.8%
	Laguna/estanque acumulación	32.2%	62.5%	47.4%	
	Zona de riego, tiempo 0 hrs	19.2%	0.0%	9.6%	
	zona de riego, tiempo 20 días	7.3%	0.0%	3.7%	

Fuente: Elaboración propia a partir de (Envirometrika, 2018)

Todos los parámetros presentados anteriormente, en conjunto con los detalles que se tiene de las diferentes cadenas de manejo de cada plantel, permite calcular la línea base de emisiones de cada plantel incluyendo las reducciones asociadas a las diferentes medidas o tratamientos existentes en la línea base.

Se utilizan los supuestos presentados en la Tabla 4-5 para calcular la reducción de emisiones de la línea base de cada plantel (si es que ya cuentan con alguna medida de reducción de olores) y para el posterior análisis de costos de implementación de medidas adicionales para lograr el cumplimiento.

⁶ Las estimaciones se utilizarán con el fin de identificar rangos de magnitud y análisis general, sin embargo, no se recomienda el uso de estos cálculos en detalle debido a la incertidumbre de su proveniencia y aplicabilidad

Tabla 4-5 Supuestos utilizados para la estimación de las reducciones y cálculo de los costos de cumplimiento

Medida	Eficiencia de reducción de olores ^a	Costo	Unidad
Cubierta pozo purinero + filtro	70%	\$ 9,495 ^b	USD
Sistema rastra en pabellón	25%	\$ 17.2	USD/cerdo
Sistema túnel en pabellón	57.5%	\$ 19	USD/cerdo
Cobertura lagunas membrana + filtro ^c	70%	\$ 320.0	USD/m ²
Tratamiento secundario ^d	77%	\$ 250,000	USD

^aPara la eficiencia de reducción se utiliza el promedio de los rangos

^b aproximación por un pozo de 27m²

^cSe calculan los m² a tapar de laguna considerando que se requieren aprox 0.092 m² de laguna por cerdo (supuesto entregado por ASPROCER)

^dSe considera el costo de instalación de un biodigestor

Fuente: (ASPROCER, 2008; Envirometrika, 2018; POCH, 2016)

El detalle del cálculo de la línea base de emisiones para cada plantel se encuentra en el Excel entregado como anexo a este presente documento.

4.2 Estimación de cumplimiento de concentración

Para estimar el cumplimiento de la normativa para los diferentes planteles se realiza un ejercicio simplificado para estimar las emisiones de cada plantel y estimar la concentración en el receptor más cercano que dichas emisiones originan. Se utilizará el supuesto de un límite de concentración de 3 OU_E/m³ en el receptor más cercano, por lo cual se considerará que un plantel cumplirá la normativa con concentraciones menores o iguales a dicho valor. Se utiliza este supuesto de concentración de 3 OU_E/m³ en el receptor más cercano debido a que es el que actualmente está utilizando el Ministerio de Medio Ambiente en los estudios de generación de antecedentes para la elaboración de normas de emisión de olor para la crianza intensiva de animales (Envirometrika, 2018).

El ejercicio simplificado de estimación consiste en lo siguiente:

1. Estimar las emisiones (tasa de emisión) de cada plantel en base a los factores de emisión seleccionados (metodología descrita en la Sección 4.1)
2. Construir una ecuación para estimar el Factor Emisión Concentración (FEC) para cada plantel, en función de la distancia al receptor más cercano (Sección 4.2.1)
3. Estimar, en base a la ecuación para estimar el FEC, la concentración de olor que habrá en el receptor más cercano para cada plantel
4. Determinar cumplimiento de la normativa para cada plantel
5. Evaluar la aplicación de medidas costo - efectivas en la cadena de manejo del purín y nuevamente evaluar el cumplimiento
6. Estimar los costos asociados a la implementación de las medidas de reducción de olores

4.2.1 Factor emisión – concentración

Para estimar el impacto que tendrá la normativa a implementar en los planteles porcinos se busca encontrar una relación entre la emisión y la concentración. Si bien se tiene completo conocimiento que la relación emisión – concentración es una relación compleja y que no solo tiene que ver con la tasa de emisión, sino que también con condiciones meteorológicas y topográficas del terreno, el método que se plantea en este documento corresponde a un ejercicio simplificado que tiene como objetivo realizar un análisis preliminar de cumplimiento normativo y sus costos asociados sin tener que desarrollar modelos de dispersión para cada plantel.

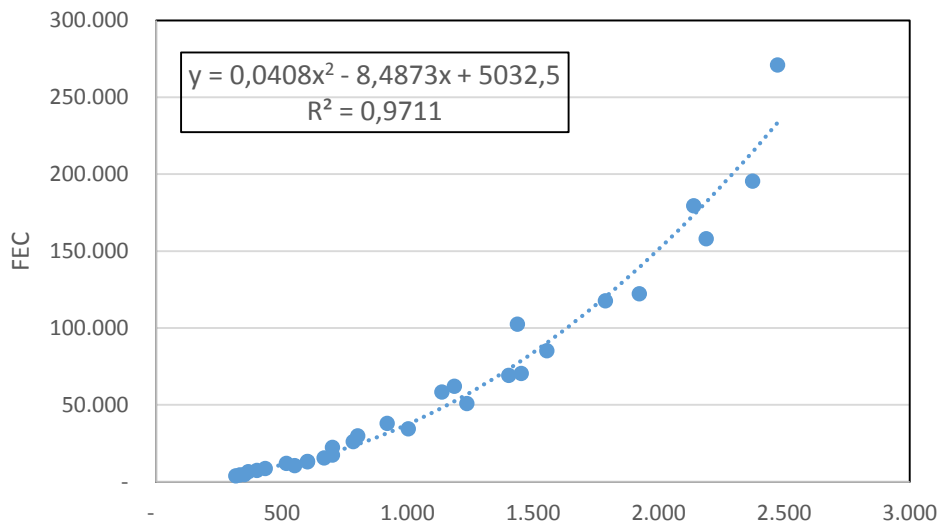
Con el fin de desarrollar un método simplificado, se recopila información disponible nacional acerca de la emisión y la concentración en el receptor más cercano para diferentes planteles. Se obtiene información a partir de lo reportado por los planteles pequeños y medianos a la autoridad ambiental (obtenidos de ASPROCER) e información recopilada y casos de estudio de la consultoría para generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión (Envirometrika, 2018). De esta información se obtienen 80 puntos de concentración-emisión (Tabla 8-5 en los Anexos de la Sección 8.5) y se estudia la relación entre ellos.

A partir de toda la información recopilada para estos planteles, se calculan factores emisión concentración (FEC), de manera de poder estimar, de manera simplificada, la concentración de olor que generará cada plantel en el receptor más cercano. Debido a que la naturaleza de la relación entre la emisión y la concentración depende de la distancia al receptor, esta relación no se puede analizar de manera independiente de la distancia. En el Anexo 8.5 se presentan los análisis realizados.

Finalmente, se utiliza una relación FEC – distancia que proviene de los resultados de los informes ASPROCER asociados a planteles pequeños y medianos⁷, considerando la información del límite superior de distancia en donde se obtiene una concentración igual a $3 \text{ OUE}/\text{m}^3$ en el receptor más cercano. La siguiente figura presenta la forma de la curva y el nivel de ajuste de los datos utilizados, el cual es cercano a 1.

⁷ Estos informes provienen del diagnóstico inicial realizado en el marco del “Programa de Transformación Tecnológica, Energética y Ambiental para el Segmento PyME de la Industria Porcina”, realizado por la PUCV- UTFSM –ASPROCER y la ASCC.

Figura 4-1 Relación FEC – Distancia



Fuente: Elaboración propia en base a Informes ASPROCER

Según lo mostrado en la figura anterior, se utilizará dicha ecuación para calcular el FEC para cada plantel asociado a su receptor más cercano. La ecuación es la siguiente:

Ecuación 1

$$Y = 0.04308 - 8.4873 * X + 5032.5$$

En donde Y corresponde al FEC y X corresponde a la distancia.

Esta ecuación permite obtener un acercamiento general a la concentración que resultaría de un plantel con ciertas emisiones con un receptor cercano a una distancia dada. De esta manera se estima, según las emisiones totales de cada plantel y su receptor más cercano, cuáles planteles lograrían cumplir con la nueva normativa asumiendo un valor límite igual a 3 OU_E/m³ en el receptor más cercano.

Es relevante notar que los FEC calculados se obtienen a partir de emisiones estimadas con factores de emisión internacionales⁸. Se considera que la ecuación determinada a partir de estos puntos entrega la relación entre sus emisiones y la concentración, pero para la estimación de la línea base se utilizan los factores de emisión locales, de manera de ajustar el análisis a la realidad local del país.

⁸ La información se obtuvo del estudio diagnóstico del “Programa de Transformación Tecnológica, Energética y Ambiental para el Segmento PyME de la Industria Porcina”, realizado por la PUCV- UTFSM –ASPROCER y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC). De acuerdo a la información proporcionada en el diagnóstico. Todos los planteles declaran utilizar los factores de emisión de Hayes et al. (2006), aunque esta publicación recopila diversos factores de emisión, por lo cual no se sabe exactamente cuál fue el factor utilizado.

4.2.1 Resultados

Para las estimaciones presentadas se utiliza la base de datos de las características de los planteles generada por Envirometrika (2018). Se tiene información de 202 planteles porcinos, de los cuales 29 no cuentan con información de número de animales (tanto crianza como reproductoras), por lo cual no se pueden estimar sus emisiones. Además, sólo se tiene para algunos planteles la información acerca de la distancia al receptor más cercana (la cual se requiere para verificar el cumplimiento de una norma de concentración). Finalmente se cuenta con 135 planteles a analizar.

Al estimar la línea base para estos 135 planteles, considerando las reducciones correspondientes a la cadena de manejo que declaran (en el caso de que se cuente con esta información) y utilizando la Ecuación 1 para estimar la concentración de olores en el receptor más cercano se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4-6 Resultados estimación de cumplimiento de normativa de concentración

	N° de planteles	Porcentaje
Cumple	48	35.6%
No cumple	87	64.4%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el cumplimiento de una normativa de 3 OUE/m³ en el receptor más cercano sería cumplido por sólo un 36% de los planteles.

Posteriormente se busca la implementación de medidas para que los planteles logren cumplir con la normativa. Con este fin se priorizan las medidas de reducción de olores para favorecer aquellas que sean más efectivas en la reducción de las tasas de emisión de olor. Se calculan las reducciones de olores esperadas para el proceso completo en base a las reducciones esperadas para la etapa en que se aplica y el porcentaje que las emisiones de dicha etapa representan de las emisiones totales, esto entrega la priorización de la Tabla 4-7.

Tabla 4-7 Priorización de medidas de reducción de olores

Medida	Reducción	Porcentaje de emisiones de la etapa en que se aplica	Reducción en el proceso completo	
Cubierta laguna	70%	60.8%	42.5%	1
Tratamiento secundario	77%	6.6%	5.1%	3
Cubierta pozo	70%	6.6%	4.6%	4
Sistema túnel en pabellón	58%	32.7%	18.8%	2

No se evalúa el sistema rastra en pabellones ya que cuenta con un costo muy similar al sistema túnel, pero una reducción mucho menor (menos de la mitad)

Fuente: Elaboración propia

Es relevante notar que cada medida a implementar tiene ciertos requisitos que el plantel debe cumplir de manera que dicha medida sea aplicable. Estos requisitos son:

- Cubierta laguna: el plantel debe contar con una laguna
- Tratamiento secundario: no puede haber un tratamiento secundario preexistente en el plantel
- Cubierta pozo: el plantel debe contar con un pozo, que no cuente con cubierta
- Sistema túnel en pabellón: esta medida se puede implementar sólo en planteles que cuenten con un pabellón del tipo pit

Los resultados de la evaluación de aplicación de medidas de reducción de emisiones en los planteles que no cumplen la normativa supuesta se muestran en la tabla a continuación, junto con el costo promedio que implica para cada plantel la implementación de dicha medida de reducción (en algunos casos los costos varían según el tamaño del plantel). La base de datos con todo el detalle de cálculo se adjunta como anexo.

Tabla 4-8 Análisis de implementación de medidas de reducción de olores

Medida	Planteles a los cuales se aplica	Planteles adicionales que lograr cumplir la normativa	Costo promedio (USD/plantel)
Cubierta laguna	25	4	\$ 351,318
Sistema túnel en pabellón	17	1	\$ 415,039
Tratamiento secundario	29	2	\$ 250,000
Cubierta pozo	0	0	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Tabla 4-8 aplicando 71 medidas en planteles⁹ sólo se logra el cumplimiento adicional de 7 planteles, a un costo considerado alto, llegando sólo a un cumplimiento normativo de un 41% de los planteles¹⁰. El 59% restante no puede implementar más medidas para lograr este cumplimiento, principalmente explicado por el hecho de que el receptor más cercano se encuentra a una distancia muy pequeña, y por ser plantel existente, esta configuración ya no puede ser modificada. Para ellos, las únicas opciones disponibles serían o bajar su nivel de producción (número de cerdos) o cerrar sus operaciones.

Adicionalmente, al observar los costos de implementación de las medidas se puede observar que estos son altos, lo cual podría ser particularmente limitante para planteles de menor tamaño, pero también un costo importante para empresas medianas y grandes que cuentan con más de

⁹ Puede que a un plantel se le implemente más de una medida.

¹⁰ Si consideráramos un límite de concentración de 5 OUE/m³ en el receptor más cercano, el grado de cumplimiento en la línea base pasaría de 48 planteles a 59 y luego de implementar las posibles medidas aumentan los planteles que cumplirían con la normativa de 55 a 66.

un plantel. El costo total promedio de los 7 planteles que sí logran cumplir la normativa al implementar medidas es de \$336,923 USD.

4.3 Estimación de cumplimiento de distancia mínima

Una manera alternativa de evaluar el cumplimiento de una nueva normativa para olores es por medio del modelo Radio de Efecto. Al buscar evaluar el impacto de una fuente emisora de olores puede resultar muy útil obtener una estimación gruesa del alcance que tendrán las emisiones de olor en concentraciones que puedan generar molestias. El modelo Radio de Efecto, elaborado por Warren Spring establece una ecuación que calcula la distancia máxima a la cual se podrían esperar reclamos por olor (Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) & Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2002).

Ecuación 2

$$d_{max} = (2.2E)^{0.6}$$

Donde E corresponde a las emisiones estimadas para el plantel y 2.2 es una constante que determina la sensibilidad a olores, la cual puede estar en el rango entre 0.7 a 7, con 2.2 como la mejor estimación.

Esta ecuación es utilizada para evaluar la normativa en el estudio de “Generación de antecedentes para la elaboración de una regulación para el control y prevención de olores en Chile” para el MMA (Aqualogy, 2014). En dicho estudio se advierte que la mayor parte de los datos utilizados para determinar la correlación, se refieren a emisiones a nivel del suelo y que el rango de aplicación debería limitarse a fuentes con una tasa de emisión superior a 5.000 OU_E/s.

El estudio de Aqualogy (2014) recomienda el uso de diferentes constantes de sensibilidad de olores (coeficiente de la Ecuación 2) dependiendo del tipo de actividad de la fuente generadora de olores, categorizando las actividades como se muestra en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9 Categorización de las actividades generadoras de olores según su nivel de ofensividad

Nivel de ofensividad	Actividades
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de subproductos animales • PTAS • Plantas de tratamiento de RILes • Disposición final de residuos (rellenos sanitarios) • Fabricación de celulosa • Actividades pesqueras y de procesamiento de productos del mar • Talleres de redes (relacionado a pesca) • Curtiembres • Refinería de petróleo
Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Planteles y establos de crianza y engorda de animales • Fabricación de alimentos para mascotas • Plantas faenadoras de animales y mataderos
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Otras que no estén incluidas

Fuente: (Aqualogy, 2014)

4.3.1 Resultados

Al igual que en la evaluación del cumplimiento según normativa de concentración (Sección 4.2) para las estimaciones se utiliza la base de datos generada por Envirometrika (2018), para los 135 planteles con los cuales se cuenta con suficiente información para el análisis (estimación de emisiones y distancia al receptor más cercano).

Se obtienen los resultados presentados en la Tabla 4-10.

Tabla 4-10 Resultados estimación de cumplimiento de normativa de distancia

	N° de planteles	Porcentaje
Cumple	17	12.6%
No cumple	118	84.4%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el cumplimiento de la distancia mínima para el receptor más cercano sería cumplido por sólo un 13% de los planteles.

Posteriormente se busca la implementación de medidas para que los planteles logren cumplir con la normativa, siguiendo la priorización establecida en la Sección 4.2.1 (Tabla 4-7), con las mismas restricciones presentadas en sección anterior.

Los resultados de la evaluación de aplicación de medidas de reducción de emisiones en los planteles que no cumplen la normativa supuesta se muestran en la tabla a continuación, al igual que el costo promedio de implementación de dicha medida para cada plantel (en algunos casos

los costos varían según el tamaño del plantel). La base de datos con el detalle de cálculo se adjunta como anexo.

Tabla 4-11 Análisis de implementación de medidas de reducción de olores

Medida	Planteles a los cuales se aplica	Planteles adicionales que lograr cumplir la normativa	Costo promedio (USD/plantel)
Cubierta laguna	29	3	\$ 362,226
Sistema túnel en pabellón	25	3	\$ 326,441
Tratamiento secundario	36	2	\$ 250,000
Cubierta pozo	2	0	\$ 9,495

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Tabla 4-11 aplicando 92 medidas en planteles sólo se logra el cumplimiento adicional de 8 planteles, llegando sólo a un 21.5% de cumplimiento. Los planteles restantes no pueden implementar más medidas para lograr cumplimiento.

Adicionalmente, al observar los costos de implementación de las medidas se puede observar que estos son moderadamente altos, lo cual podría ser limitante para planteles de menor tamaño. El costo total promedio de los 8 planteles que sí logran cumplir la normativa al implementar medidas es de \$496,678 USD.

5. Costos de monitoreo

Los impactos que tendría la implementación de una nueva normativa para la gestión de olores no serían sólo a nivel de los costos de implementación de medidas de reducción de olores en planteles. También se deben considerar los gastos en los que incurrirán los planteles para la implementación de un plan de seguimiento y verificación del cumplimiento.

La verificación del cumplimiento de una normativa de olores puede realizarse de dos modos:

1. Verificar la correcta operación del plantel: Verificación de los componentes presentados al momento de realizar el modelo de dispersión incluyendo las medidas de reducción de emisiones que permiten cumplir con la normativa
2. Medición in situ de olores para verificar cumplimiento

La primera alternativa corresponde a una fiscalización teórica que permite corroborar que el plantel esté operando tal como lo indicó su licencia para operar, descrita en la RCA u otro instrumento como un plan de cumplimiento. Esta opción, la cual corresponde a la implementada en Holanda, permite minimizar los costos de monitoreo en comparación con la segunda opción.

La segunda alternativa presenta un alto nivel de costos para los planteles ya que la normativa incluye una definición del percentil en el cual se exigirá el cumplimiento, por ejemplo, una concentración de $3 \text{ OUE}/\text{m}^3$ en el receptor más cercano con p98. Esto implicaría la necesidad de un monitoreo constante que entregue representatividad para un año.

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 (ver Sección 8.1).

La Tabla 5-1 presenta los costos aproximados de las principales actividades requeridas para una fiscalización de cumplimiento por medio de mediciones de concentración.

Tabla 5-1 Costos para los planteles asociados al cumplimiento de la normativa

Ítem	Detalles	Costo (sin IVA) ^a
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
Modelación	Modelación según guía SEIA	80-150 UF
	Archivo WRF	50 UF
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)

^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

Se puede estimar que un plantel, para cumplir con la normativa y las normas chilenas asociadas a los procedimientos, deberá realizar, por lo menos las siguientes actividades:

- Estudio de impacto de olor
 - Muestreo y olfatometría
 - Modelación
 - Plan de gestión de olores
- Muestreo y olfatometría para verificación
 - Medición de fuentes
 - Panel en terreno

La norma chilena NCh 3533 establece la metodología para la medición del impacto de olor mediante inspección de campo (muestreo y olfatometría). Establece un mínimo de 3 panelistas en el panel en terreno y, siguiendo la norma homóloga alemana VDI 3940, exige 52 o 104 inspecciones durante 6 meses o 104 inspecciones durante 12 meses. En la norma chilena se incorporó la posibilidad de modificar proporcionalmente la ejecución (en concordancia con la autoridad competente), lo cual no deja claro cuál sería el número de inspecciones a exigir.

Si se calcula, sobre la base de 52 inspecciones en 6 meses se tienen los costos presentados en la Tabla 5-2 para cada plantel.

Tabla 5-2 Costo de fiscalización y monitoreo para cada plantel

Ítem	Detalles	Costo (sin IVA)
Estudio de impacto de olor	Al año 1 de implementación de la norma Incluye mediciones, modelación y plan de monitoreo	310 UF
Muestreo y olfatometría dinámica	52 instancias de inspección (cada una debe considerar muestreo y panel en terreno para determinar la concentración)	884 – 1144 UF
TOTAL		1194 – 1454 UF

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, el monitoreo y fiscalización por medio de mediciones de concentración de olores podría implicar un costo de entre 39 y 48 millones de pesos chilenos (si se incluye el IVA) al año.

Adicionalmente estos costos no incluyen los costos adicionales asociados que estas mediciones pueden implicar para el funcionamiento del plantel, así como los costos operacionales adicionales de operación de las medidas incorporadas para cumplir con la norma¹¹. Otro costo no estimado, corresponde al costo del Estado para la fiscalización de este cumplimiento.

Estos costos, sumados a la implementación de medidas de reducción de olores podrían ser limitante para planteles. Estos podrían ser particularmente limitante para planteles de menor tamaño, pero también un costo importante para empresas medianas y grandes que cuentan con más de un plantel.

¹¹ Para la implementación de medidas o para presentar las condiciones adecuadas de monitoreo es posible que los planteles tengan que incurrir en costos adicionales debido a los requerimientos de mover los animales o inhabilitar un pabellón o laguna.

6. Conclusiones

La finalidad de la gestión de olores es mejorar la calidad de vida de las personas a través de la protección y prevención de los impactos negativos asociados a que receptores sean expuestos a olores considerados ofensivos. Si se toma este objetivo (mejora de la calidad de vida de las personas), como el fin último de una normativa de olores, la consideración de manera independiente de una fuente en particular, en este caso la crianza porcina, con un estándar de norma de olor para cada instalación particular¹², no garantiza que la concentración de olor en la población deje de ser molesto, esto debido a la posible emisión de olor proveniente otras actividades, que no se encontrarían normadas. El olor que percibe el receptor no es el resultado de la emisión de una sola fuente, sino que es el resultado de la suma de todas las fuentes (tanto de plantales porcinos como otras actividades generadoras de olores) que puedan existir en dicha zona sumado a características meteorológicas y geográficas de la zona.

A nivel de recomendaciones para la regulación de olores, tanto nacionales (en los estudios de antecedentes para la elaboración de la normativa) como internacionales (revisiones de la normativa en diversos países), se demuestra que la tendencia no ha sido identificar y normar un sector particular en la generación de olores, sino que diseñar una regulación que aplique a todas las actividades que generen impactos negativos relacionados al olor.

Más aun, plantales de crianza y engorda de animales se consideran con un nivel de ofensividad medio, existiendo otras actividades, como plantas de tratamiento de aguas servidas o rellenos sanitarios que presentan niveles de ofensividad más altos.

Luego del análisis de antecedentes nacionales, la revisión de las experiencias normativas internacionales (Sección 3), complementando con el análisis conceptual de lo que busca conseguir el establecimiento de una normativa de olores, no permite concluir, ni justificar, que solo un sector sea incorporado en la normativa. Un correcto enfoque es evaluar las fuentes generadoras de olor en su conjunto.

Desde una perspectiva general, si no hay receptores que puedan ser impactados negativamente por olores ofensivos, no tiene sentido la aplicación de una normativa y la consecuente inversión en medidas para cumplir con dicho estándar, ya que no existen beneficios, sólo costos. En este caso y desde una perspectiva de evaluación normativa de costo/beneficio¹³, esta normativa no sería viable socioeconómicamente. Entonces, bajo un criterio costo-beneficio se debiese considerar que mientras más receptores afectados existan, la normativa debiese ser más exigente, lo que justifica per se la existencia de criterios diferenciadores.

¹² Es decir, considerar una norma que limita las emisiones de cada actividad o plantel de manera independiente.

¹³ En general la normativa de gestión ambiental, en Chile, se evalúa con la metodología de Análisis Costo Beneficio (ACB).

En línea con lo anteriormente expuesto, debido que una normativa de olores no se considera directamente como una norma primaria de calidad, sino que más bien tiene un objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y no directamente de proteger la salud, se espera que una vez identificados, cuantificados y valorizados los beneficios asociados a la normativa, estos sean más bajos en comparación a los beneficios de una norma de calidad primaria. Esto, sumado a los costos asociados al cumplimiento normativo (ver Sección 4 y Sección 5), y bajo una perspectiva de análisis y evaluación bajo un método de análisis costo beneficio, justificaría aún más la existencia de criterios diferenciadores asociado al número de receptores afectados.

Desde un análisis de política comparada a nivel internacional, se identifican valores más restrictivos de concentración a zonas residenciales que a zonas industriales y agrícolas, utilizando el uso de suelo o densidad poblacional como criterio diferenciador, criterio en línea con lo expuesto en los párrafos anteriores.

Es importante advertir la disyuntiva existente cuando una zona industrial o agrícola comienza a densificarse con la instalación de viviendas con destino habitacional, análisis que hasta el momento se cree que no ha sido debidamente incorporado en el análisis normativo. El sector pecuario intensivo tradicionalmente se inserta en el área rural, pero que debido a las normativas urbanísticas vigentes ha visto como ese territorio se ha densificado con la instalación de viviendas de destino habitacional, debido al crecimiento de subdivisiones para parcelas de agrado en áreas rurales y de conjuntos de viviendas sociales construidos fuera de las áreas urbanas establecidas en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). De lo que se observa en el actual proceso de diseño normativo, este no incorpora que ocurriría si se instalan futuras poblaciones cercanas a los planteles existentes y como aplicaría en este caso la exigencia normativa.

Criterios diferenciadores en el nivel de exigencia normativa se encuentra también presente en la experiencia internacional según el tipo de actividad generadora dependiendo de qué tan “ofensivo” es el olor. La crianza de animales se encuentra en un nivel de ofensividad medio, teniendo otras actividades niveles de ofensividad más altos. Por último, se presenta el uso del criterio diferenciador de instalaciones nuevas o existentes, ya que esta permite una transición más realista hacia la nueva normativa teniendo en consideración los costos de las inversiones que implica el cumplimiento normativo.

Del análisis de cumplimiento realizado para los criterios de cumplimiento de concentración de 3 OU_E/m^{314} y de distancia mínima según las emisiones del plantel, reconociendo que el ejercicio utiliza métodos simplificado y no necesariamente será el comportamiento real, no se alcanza un cumplimiento mayor a un 41%, aun implementando todas las medidas de reducción de olores

¹⁴ Se utiliza este supuesto de concentración de 3 OU_E/m^3 en el receptor más cercano debido a que es el que actualmente está utilizando el Ministerio de Medio Ambiente en los estudios de generación de antecedentes para la elaboración de normas de emisión de olor para la crianza intensiva de animales (Envirometrika, 2018).

posibles. Este resultado se encuentra principalmente explicado por el hecho de que, en muchos casos, el receptor más cercano se encuentra a una distancia muy pequeña, y por ser plantel existente, esta configuración ya no puede ser modificada. Para ellos, las únicas opciones disponibles serían o bajar su nivel de producción (número de cerdos) o cerrar sus operaciones.

Para aquellos planteles que sí tienen la factibilidad técnica de cumplir con la norma, la implementación de las medidas para lograr el cumplimiento (sólo 8 y 7 planteles logran el cumplimiento implementando medidas, para los criterios de distancia y concentración, respectivamente) implica un costo promedio sobre \$330,000 USD, y esto no considera los costos operativos, de monitoreo y fiscalización y adicionales¹⁵ en los cuales puede incurrir el plantel.

Por su parte, el monitoreo y fiscalización por medio de mediciones de concentración de olores (olfatometría) podría implicar un costo de entre 39 y 48 millones de pesos chilenos al año.

Estos costos, sumados al costo de implementación de medidas de reducción de olores podrían ser limitante para planteles. Estos podrían ser particularmente limitante para planteles de menor tamaño, pero también un costo importante para empresas medianas y grandes que cuentan con más de un plantel.

Por último, se identifica que en la actualidad existe una alta incertidumbre respecto a la efectividad de las medidas de reducción de olores y por ende, en los costos que implicaría un cumplimiento normativo, como también incertidumbre en el uso de factores de emisión y estimación, mediante modelación y análisis olfatométrico, del nivel de percepción de olores en el receptor. Esta actual incertidumbre dificulta que finalmente se consiga, y pueda ser monitoreado, el objetivo buscado por una normativa de olores.

Se recomienda la generación de una normativa general aplicada a todas las actividades emisoras de olores, sujeta a diferenciación según criterios tales como: cantidad y cercanía de receptores (densidad poblacional o uso de suelo) y ofensividad del olor. Así como también considerar, en el planteamiento de las metas y límites, la calidad de existente o nueva de la instalación generadora de olor, de manera de facilitar la transición al cumplimiento de la medida y lograr el objetivo de la normativa. El nivel de exigencia normativa finalmente determinado según criterios diferenciadores debiese justificarse bajo un análisis costo beneficio, el cual considere los costos que implica el cumplimiento normativo, pero también los beneficios generados, los cuales dependen directamente de la población afectada.

Así mismo, se recomienda que la verificación del cumplimiento normativo se realice por medio de auditorías de la correcta operación de la actividad, y utilizando como verificador, la revisión de los componentes operativos presentados al momento de obtener el permiso a operar

¹⁵ Se supone que para la implementación de medidas los planteles deberán incurrir en costos adicionales debido a los requerimientos de mover los animales o inhabilitar un pabellón o laguna, para poder implementar la medida de reducción

(Resolución de Calificación Ambiental), incluyendo las características operativas necesarias de las medidas de reducción de emisiones que permiten cumplir con la normativa. Esta opción, la cual corresponde a la implementada en Holanda, permite minimizar los costos de monitoreo en comparación con la opción de realizar un monitoreo por medio de la olfatometría.

7. Bibliografía

- 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. Retrieved from www.asprocer.cl
- 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>
- Ecotec Ingeniería LTDA. (2013). *Antecedentes para la regulación de olores en Chile*.
- Envirometrika. (2018). *Informe 2: Generación de antecedentes técnicos para la elaboración de la norma de emisión de olor para la crianza intensiva de animales*. Santiago, Chile.
- 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>
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), & Scottish Environment Protection Agency (SEPA). (2002). *Horizontal Guidance for Odour. Part 2 - Assessment and Control*.
- Irish Environmental Protection Agency. (2018). *Odour Emissions Guidance Note*.
- Mielcarek, P., & Rzeźnik, W. (2015). Odor emission factors from livestock production. *Polish Journal of Environmental Studies*, *24*(1), 27–35. <https://doi.org/10.15244/pjoes/29944>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017a). *Estrategia para la gestión de olores en Chile. Actualización año 2017*.
- Ministerio del Medio Ambiente. RE N° 1536: *Aprueba la estrategia para la gestión de olores en Chile, actualización año 2017* (2017).
- Ministerio del Medio Ambiente, Caimanque, D., & Recordon, J. (2013). *Estrategia Gestión de Olores en Chile (2014-2017)*.
- 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*.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA*.

8. Anexos

8.1 Conceptos generales

Para el análisis de normativa relativa a la generación de olores, de manera preliminar se deben comprender ciertos conceptos y procedimientos asociados a la identificación y evaluación de los impactos asociados a dichas emisiones de olores.

Existen dos enfoques para el análisis de la emisión de olores, el primero se centra en el origen de generación del olor (fuente o emisión), el segundo se centra en el receptor del impacto de dicha emisión (zona de impacto o inmisión).

La cuantificación de olores se realiza por medio de la identificación de la concentración de olor. Se entiende por concentración de olor al número de unidades de olor europeas en un metro cúbico de gas en condiciones normales (OU_E / m^3). El umbral de detección (odour threshold) se refiere a la concentración teórica mínima para generar un estímulo que pueda ser detectado en un porcentaje específico de la población; por convención generalmente se usa el 50% de la población. La concentración de olor al umbral de detección es por definición $1 OU_E / m^3$, por consiguiente, la concentración de olor se expresa como múltiplos del umbral de detección.

Para la determinación de este umbral de detección, y por consiguiente la concentración del olor, se debe realizar un procedimiento llamado olfatometría dinámica. La olfatometría dinámica es un método para determinar la concentración de olor de una muestra gaseosa. El método utiliza un panel de evaluadores compuesto por personas seleccionadas y entrenadas para identificar si el olor está presente en la muestra exhibida en un olfatómetro. Se pide a los panelistas que huelan diferentes diluciones de la muestra para determinar en qué dilución el olor está presente (se busca el nivel de dilución al cual el 50% del panel identifique el olor y este punto entrega el $1 OU_E / m^3$). En la Tabla 8-1 se presenta la normativa asociada a la olfatometría dinámica en Chile.

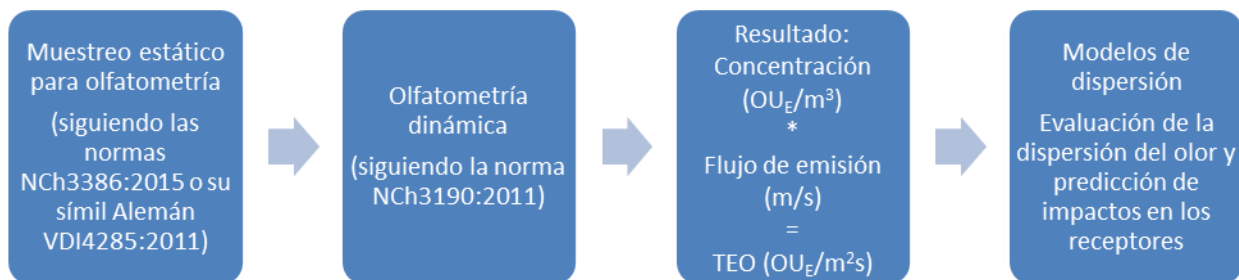
Tabla 8-1 Normas relacionadas a la medición de olores

Norma	Nombre	Enfoque	Resumen
NCh 3386:2015	Calidad del Aire Muestreo Estático para Olfatometría	Fuente/emisión	Determina cómo debe realizarse un muestreo estático para olfatometría
NCh 3190:2010	Calidad del Aire Determinación de la Concentración de Olor por Olfatometría Dinámica		Determina la concentración de olor de la muestra y selección de panelistas para un muestreo estático para olfatometría
VDI 4285:2011	Determination of Diffusive Emissions by Measurements Industrial Halls and Livestock Farming. Germany.		Especifica los métodos para la determinación de emisiones difusas a través de mediciones en salas industriales y granjas de ganado

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, 2017)

Para la estimación de los impactos por emisión de olores se debe, en primer lugar realizar un muestreo para determinar la concentración, para luego obtener la tasa de emisión de odorante. Con la tasa de emisión de odorante (TEO) se puede generar un modelo de dispersión de manera de predecir los posibles impactos en la zona. Este proceso se expone en la Figura 8-1.

Figura 8-1 Proceso de cuantificación del impacto de olores



Fuente: Elaboración propia

Las emisiones en fuentes difusas se obtienen relacionando la concentración de olor $[OU_E/m^3]$, obtenida luego del análisis olfatométrico de la muestra, con el flujo de emisión. La emisión (EO) en unidades de olor por unidad de superficie $[OU_E/m^2s]$, es amplificado al total de la superficie expuesta para cada fuente, de la cual se obtiene la Tasa de Emisión de Olor (TEO), en unidades de olor por segundo $[OU_E/s]$.

La Guía del SEA para la predicción y evaluación de impactos por olor indica, en su capítulo 4.4, la metodología de estimación de los impactos por emisiones de olor. El primer paso es la estimación de una concentración límite de exposición. Para esto se utilizan los factores que determinan cuantitativa y cualitativamente (frecuencia, intensidad, duración, ofensividad, localización del

receptor) para la determinación de valores límites de exposición. Estos valores límites pueden ser:

- Concentración límite o umbral [C]: un factor de intensidad a definir según tipo de fuente ya sea por ofensividad o localización
- Criterio de cumplimiento de la concentración límite en el tiempo: este es generalmente expresado como percentil [p] (factor frecuencia). Se pueden definir diferentes percentiles por localización
- Criterio relativo a promediar el tiempo de duración [t]

Estas tres opciones llevan a la determinación de valores límites de exposición:

- C: concentración umbral, generalmente en unidades de olor [ouε/ m³]
- p: percentil de cumplimiento, por ejemplo, percentil 98 significa que en el 98% del tiempo se cumple con la concentración umbral. Es decir, si el tiempo es un año, se sobrepasa dicha concentración durante 175 horas del año.
- t: tiempo de evaluación, usualmente entre 0,2 s a 60 min. Lo más común es la consideración de un valor promedio durante una hora.

Algunas normas consideran el factor de peak promedio (F) (la razón entre concentración promedio y concentración peak). Si F es igual a 1, no se consideran concentraciones a corto plazo. Si no se menciona, se asume 1. Si los criterios de impacto de olor son específicos para intervalos cortos de tiempo, por ejemplo, en relación al tiempo de respuesta de la nariz humana, entonces el F se requiere para adaptar la concentración del olor a los tiempos promedios mayores usados en los modelos de dispersión.

8.2 Actual legislación en materia de urbanismo y construcción (LGCU) y la posible dificultad en la aplicación de una normativa de olores

Maria Isabel Mallea Álvarez, en el documento Ordenamiento territorial y la dimensión ambiental de los instrumentos de planificación en Chile (Revista Derecho, N°20) plantea lo siguiente:

La normativa chilena efectúa una distinción fundamental entre “suelos urbanos” y “suelos agrícolas” o “rurales”, al denominar la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en adelante, L.G.U.C., en su artículo 52, como límite urbano, “la línea imaginaria que delimita las áreas urbanas y de extensión urbana que conforman los centros poblados, diferenciándolos del resto del área comunal”. El “suelo urbano” incluye tanto la superficie territorial que ya se encuentra urbanizada (área urbana), como la que -conforme al Plan Regulador- es potencialmente urbanizable (áreas de extensión urbana). Esta distinción entre “suelo urbano” y “suelo agrícola” es de gran importancia, ya que si el predio corresponde a “suelo urbano”, será susceptible de actos urbanísticos y de construcción conforme a las normas que al respecto dispone la Ley General de Urbanismo y su Ordenanza. Por el contrario, si el terreno de que se trata está calificado de “suelo

agrícola” o “rural”, el artículo 55 de la ley establece: “Fuera de los límites urbanos establecidos en los Planes Reguladores no será permitido abrir calles, subdividir para formar poblaciones, ni levantar construcciones, salvo aquellas que fueren necesarias para la explotación agrícola del inmueble, o para las viviendas del propietario del mismo y sus trabajadores, **o para la construcción de conjuntos habitacionales de viviendas sociales o de viviendas de hasta un valor de U.F. 1000, que cuenten con los requisitos para obtener el subsidio del Estado**”. El inciso 2° agrega: **“Corresponderá a la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo respectiva cautelar que las subdivisiones y construcciones en terrenos rurales, con fines ajenos a la agricultura, no originen nuevos núcleos urbanos al margen de la planificación urbana-regional”**. La circunstancia que la normativa impida, en términos generales, dar uso urbano (urbanización y/o construcción) a los suelos agrícolas, está determinada no sólo por la legislación urbana, sino también por la normativa agrícola. Así, el Decreto Ley N° 3.516 de 1980, regula el sistema de subdivisión de predios agrícolas, estableciendo en su artículo 1° que: “Podrán ser divididos libremente por sus propietarios siempre que los lotes resultantes tengan una superficie no inferior a 0,5 hectáreas físicas”, y siempre que tales predios estén ubicados fuera de los límites urbanos o fuera de los límites de los planes reguladores intercomunales de Santiago, Valparaíso y Concepción. Este artículo en sus incisos 4° y 5° dispone: **“Los predios resultantes de una subdivisión quedarán sujetos a la prohibición de cambiar su destino en los términos que establecen los artículos 55 y 56 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En las escrituras públicas en que conste el título de la enajenación de predios resultantes de una división se dejará constancia de la prohibición establecida en el inciso anterior”**.

8.3 Revisión internacional de normativa para olores

Tabla 8-2 Resumen de la experiencia internacional en regulación de olores

País	Ley	Ámbito de aplicación	Sectores incluidos ^a
Alemania	Ley Federal de Control de Inmisiones Directriz sobre Inmisiones de Olor	Regula la determinación de la frecuencia del impacto de olores como “horas de olor”.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones de tratamiento de residuos biológicos ▪ Agricultura ▪ Pollos ▪ Cerdos ▪ Ganado
Arabia Saudita	No hay leyes específicas para olores	Se regulan ciertos contaminantes específicos ligados a olores.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todas las instalaciones que emitan al aire contaminantes en una concentración y duración tal que genera malestar ▪ Agricultura - pollos
Australia	Queensland	Instalaciones nuevas deben incluir en su evaluación de impacto la predicción de impactos en cuanto a olores. La regulación depende de la población, por el potencial de reclamos. Se debe modelar la dispersión del olor para predecir impactos Nuevas instalaciones deben demostrar el uso de las mejores prácticas disponibles para la gestión de sus emisiones. Cuando la instalación nueva con el mismo tipo de emisiones odoríferas se propone, se deben incluir las emisiones de las fuentes adyacentes en la modelación Se incorpora el olor en la evaluación del riesgo de un proyecto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todas las instalaciones nuevas
	New South Wales		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Industrias
	South Australia		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones industriales ▪ Crianza intensiva de animales
	Victoria		
	Western Australia		
Bélgica	Decree of 11 March 1999 (Walloon)	Se definen niveles aceptables de molestia, el cual se busca sea igual o mayor a la meta de olores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades industriales y de agricultura
Brasil	Ley Federal 6938:1981	Se puede interpretar el olor como una forma de contaminación Los estados tienen autonomía para desarrollar sus propios marcos regulatorios en calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades de manufactura de celulosa
Canadá	Quebec	Nuisance Law Clean Air Regulation 2011	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se regula una variedad de compuestos peligrosos. El olor es considerado un contaminante ▪ Compostaje ▪ Actividades de biogás
	Manitoba	Nuisance Law	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todo proyecto debe modelar olores para detectar potenciales impactos en comunidades ▪ Todos los proyectos sujetos a licencia bajo la el Environment Act
	Ontario	Nuisance Law Environmental Protection Act (R.S.O 1990, C. E.19)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se identifican componentes específicos peligrosos, incluyendo contaminantes relacionados a olores ▪ Plantas de tratamiento de aguas servidas ▪ Plantas de agricultura ▪ Instalaciones industriales

País	Ley	Ámbito de aplicación	Sectores incluidos ^a
Colombia	Resolución 1541:2013	Se trata con olores luego de reclamos, el acusado debe generar un plan para reducir el impacto de olores ofensivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Procesamiento y preservación de carne, pescado, moluscos y crustáceos ▪ Producción de refinados de petróleo ▪ Industria de celulosa ▪ Plantas de tratamiento de aguas servidas ▪ Industria del cuero ▪ Tratamiento y disposición de residuos no peligrosos y plantas de transferencia ▪ Manufactura de químicos ▪ Preparación de grasas y aceites vegetales ▪ Tratamiento de granos de café ▪ Entre otras actividades
Corea del Sur	Malodor Prevention Law	Se busca asegurar que los ciudadanos puedan vivir en un ambiente saludable y agradable al prevenir la emisión de olores a partir de actividades de negocio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades de negocio
Dinamarca	Guidelines for Air Emission Regulation Consolidated Act on Livestock Farming Environmental Approvals	Se limita la exposición al olor, en la evaluación de impacto para establecimientos nuevos o modificaciones a existentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Industria ▪ Crianza de animales
España (Cataluña)	Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorífera	Actividades susceptibles de emitir olor y también cualquier otra fuente situada en una Zona de Olor de Régimen Especial que pueda producir contaminación odorífera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones ganaderas destinadas a la cría intensiva ▪ Gestores de residuos ▪ Industria química ▪ Refinerías ▪ Industria agroalimentaria ▪ Fábricas de celulosa ▪ Otros
Estados Unidos	Varía según el estado	No existe política de olores a nivel federal, dado que su regulación es de responsabilidad de los Estados Federales y de las autoridades locales La USEPA no regula olores directamente, solo regula algunos compuestos químicos que emiten olor. Algunos estados establecen regulaciones con el enfoque de fijar límites de dilución/umbral (D/U) en el ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planteles de crianza animal ▪ Tratamiento de aguas residuales ▪ Zonas residenciales y comerciales ▪ Otras zonas
Francia	Directive 2008/50/EC Directive 2001/81/EC	Se establecen los compuestos odoríferos como contaminantes y se regula su inmisión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compostaje ▪ Procesamiento de coproductos animales
Hong Kong	Air Pollution Control Ordinance	Receptores sensibles más cercanos para los resultados más altos calculados (por ejemplo percentil 100)	
Irlanda		En general se busca proteger al público general de las molestias de los olores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades de agricultura

País	Ley	Ámbito de aplicación	Sectores incluidos ^a
Israel	The Abatement of Environmental Nuisances Law (AENL) 1961 Clean Air Law	Nadie puede causar “contaminación aérea u odorífera considerable o ruido no razonable, de cualquier tipo de fuente, si molesta o probablemente molestará a una persona en la cercanía o un transeúnte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cualquier instalación
Italia	Legislación de la Unión Europea	Cada región de Italia tiene la autonomía para regular en cuanto a calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicable a todas las actividades (Lombardy) ▪ Tratamiento de aguas servidas (Puglia)
Japón	Offensive Odour Control Law	Se regulan los olores en base a concentración de sustancias con olores ofensivos y un índice de olor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todas las instalaciones que emiten gases olorosos
Noruega	guideline TA-3019:2013	Se mide el riesgo de olores y se pide gestión de los mismos para evitar molestias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cualquier instalación
Nueva Zelanda		Se establece un umbral de incomodidad, sobre el cual se establecen guías para gestionar las emisiones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PTAS
Países bajos	Ley sobre Molestias por Olores y Ganadería	El punto de partida es: evitar molestias, en particular, nuevos focos de molestia Los criterios centrales se basan en límites de exposición (inmisión)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crianza de animales ▪ Tratamiento de residuos líquidos ▪ Compostaje ▪ Cervecerías ▪ Panaderías ▪ Entre otros
Panamá	National Environmental Authority (ANAM) Draft Standard for Control of Nuisance Odours	Se deben medir los potenciales olores de las instalaciones y se determina si se requiere tomar acción o no	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones con potencial de emisión de olores
Reino Unido	Environmental Protection Act (EPA) Town & Country Planning Act (TCPA)	Se regulan olores según su ofensividad, además se exige el uso de las mejores técnicas disponibles para la gestión de las emisiones	<p>Todas las instalaciones de negocios, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Industria ▪ Agricultura ▪ Gestión de residuos ▪ Tratamiento de aguas residuales
Taiwán	Air Pollution Control Act (APCA)	Se establecen estándares para ciertos químicos relacionados con el olor (NH ₃ , H ₂ S, (CH ₃) ₂ S, CH ₃ SH)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cualquier instalación
Sudáfrica	National Environment Management: Air Quality Act, 2004	Cualquier olor que sea considerado desagradable para una persona razonable. No hay estándares específicos para regulación de olores.	Todos los ocupantes de cualquier edificación debe tomar todos los pasos razonables para prevenir la emisión de olores ofensivos causados por cualquier actividad de dicho edificio

^aEn esta columna se presentan los sectores que se mencionan específicamente, lo cual no descarta que existan más sectores a los cuales se les aplica la normativa de olor

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

A lo largo de la búsqueda de información se identifican ciertas guías o recopilación de información que puede resultar útil para profundizar en temáticas más específicas:

- Assessment and management of odour from stationary sources in NSW, 2006 (New South Wales, Australia)
- Guidelines for Separation Distances, 2000 (South Australia)
- Guidance on recommended separation distances for odour and dust-emitting industries from sensitive land uses (Victoria)
- Guidance Statement: Risk Assessments (2016) (Western Australia)
- Draft Guidance Statement: Separation Distances (Western Australia)
- Guía de Referencia para Umbrales de Olor para Contaminantes Atmosféricos Peligrosos Listados en las actualizaciones de 1990 de la Ley de Aire Limpio (Estados Unidos)
- Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand (Nueva Zelanda)
- Guía de Cría y Molestia por Planteles (1976) (Países Bajos)
- Guía para la Aplicación de la Ley de Molestia de Olores en los Planteles (1984) (Países Bajos)
- Guía para la Producción en Planteles y Molestia por Olores (1996) (Países Bajos)
- NTA9065 Consenso Técnico de los Países Bajos, Calidad de Aire – Mediciones de Olor – Medición y Cálculo para Olores, 2012 (Países Bajos)
- Technical Guidance Note H4, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Horizontal Guidance for Odour (Reino Unido)

8.3.1 Resumen de la normativa internacional para gestión de olores

Tabla 8-3 Comparación de los instrumentos internacionales de regulación

País	Regulación	Definición de la regulación	Valor
Alemania	Límites de exposición en el aire	Difiere según el uso de suelo: residencial y mixta; comercial, industrial y agricultura	1 OUE, p 98 criterio de irrelevancia 1 OUE, p 90 zonas residenciales y mixtas 1 OUE, p 85 zonas comerciales, industriales y de agricultura
Australia	Queensland	Límite de emisión o distancia mínima ^a	Según cantidad de animales y uso de suelo 0.5 OUE 2.5 OUE 1 OUE en el límite de instalaciones de pollos broiler en zonas rurales 2.5 OUE para zonas de uso de suelo sensibles o zonas rurales
	New South Wales	Límite de emisión	Varía si la instalación es nueva, modificación o existente Considera el receptor sensible más cercano o más probable en el futuro (en base a densidad de la población afectada) 2 OUE población ≥ 2000 3 OUE población ~ 500 4 OUE población ~ 125 5 OUE población ~ 30 6 OUE población ~ 10 7 OUE población ≤ 2
	South Australia	Límite de emisión y distancias mínimas ^a	Depende de la densidad poblacional y del tipo de actividad 2 OUE población ≥ 2000 4 OUE población ~ 350 6 OUE población ~ 60 8 OUE población ~ 12 10 OUE población ≤ 12
	Victoria	Límite de emisión y recomendación de distancias de separación ^a	En algunos casos depende de un análisis de riesgo caso específico Varía según el uso de suelo 1 OUE en el límite de la instalación o más allá 5 OUE en el límite de la instalación o más allá para crianza de animales
	Western Australia	Límite de emisión y recomendación de distancias de separación ^a (fijas y variables)	Puede variar según tipo de actividad y tamaño de la empresa Es según la distancia a usos de suelo sensibles 2 y 4 OUE para receptores sensibles
Austria	Límite de percentil y distancia ^a	Difiere según la intensidad del olor 1 OUE zonas de spa 1 y 5-8 OUE para zonas residenciales	
Bélgica	Walloon	Límite de emisión y distancia mínima	Varía según el tipo de actividad (ofensividad), tipo de animal y distancia a zonas residenciales 3 OUE, p 98 instalaciones de compostaje, en el receptor más cercano 6 OUE, p 98 instalaciones de crianza de cerdos, en el receptor más cercano 10 OUE, p 98 instalaciones de crianza de aves, en el receptor más cercano

	País	Regulación	Definición de la regulación	Valor
	Flanders	Límite y meta de emisión y límite de impacto a receptores altamente sensibles	Según el tipo de actividad (ofensividad) y uso de suelo en el receptor	<p>Límites para olores muy desagradables</p> <p>2 OUE industrias, alta sensibilidad</p> <p>5 OUE industrias, sensibilidad moderada</p> <p>10 OUE industrias, baja sensibilidad</p> <p>Límites para olores menos desagradables</p> <p>3 OUE industrias, alta sensibilidad</p> <p>5 OUE industrias, sensibilidad moderada</p> <p>10 OUE industrias, baja sensibilidad</p> <p>1 OUE instalación única de crianza animal, nueva</p> <p>1.5 OUE instalación única de crianza animal, existente</p> <p>3 OUE clúster de instalaciones de crianza animal, receptores altamente sensibles</p> <p>5 OUE clúster de instalaciones de crianza animal, zonas residenciales</p> <p>10 OUE clúster de instalaciones de crianza animal, zonas rurales</p>
Brasil	General	Se puede interpretar el olor como una forma de contaminación Los estados tiene autonomía para desarrollar sus propios marcos regulatorios en calidad del aire	No hay aún ciudades con una regulación de olores sólida y objetiva	No hay
	Paraná	Distancia y tasa máxima de emisión	Instalaciones generadoras de olores deben estar a una distancia considerada suficiente para evitar molestias relacionadas a los olores en focos de población	5x10 ⁶ OU/h para actividades generadoras de olores o un mínimo de 85% de eficiencia determinada por olfatometría, para sistemas de abatimiento
	Sao Paulo	Emisión	Se prohíbe la emisión de sustancias odoríferas en la atmósfera en cantidades que puedan ser perceptibles fuera de los límites de la instalación	No hay
	Santa Catarina	No hay	Se establece la responsabilidad al CONSEMA el objetivo de regular los criterios y metodologías para olor Aún no se establecen estos criterios	No hay

País		Regulación	Definición de la regulación	Valor
Canadá	Quebec	Límite de emisión y distancia mínima	Según el tipo de actividad El criterio aplica concurrentemente en las zonas residenciales o comerciales más cercanas o el primer vecino (receptor)	1 OUE/m ³ , percentil 98 para compostaje 5 OUE/m ³ , percentil 99.5 para actividades de biogás Sitios de compostaje nuevos, distancia mínima a zonas residenciales o comerciales <ul style="list-style-type: none"> volumen menor o igual a 7500 m³, 500 metros (250 metros para sitios de compostaje doméstico) volumen mayor a 7500 m³, 1 km Distancia mínima de 1 km de zonas sensibles
	Manitoba	Límite de emisión	Varía según uso de suelo	2 OUE para zonas residenciales 7 OUE para zonas industriales
	Ontario	Límite de emisión y distancia mínima	Varía según el tipo de actividad y uso de suelo	1 OUE para zonas sensibles, percentil 99.5
Colombia		Límite de emisión	Varía por ofensividad y tipo de actividad	3 OUE/m ³ más ofensivo 5 OUE/m ³ moderadamente ofensivo 7 OUE/m ³ menos ofensivo
Corea del Sur		Límite de emisión y de máximo impacto	Según el uso de suelo	1000 D/U para instalaciones en zonas industriales 500 D/U para instalaciones en otras zonas Estándar de máximo impacto 20 D/U para instalaciones en zonas industriales 15 D/U para instalaciones en otras zonas
Dinamarca		Límite de concentración Límite de distancia	Varía según la actividad La distancia mínima se establece caso a caso, según la máxima distancia calculada, dependiendo del uso de suelo	5-10 OUE zonas industriales, en receptores sensibles 5 OUE crianza animal, en zonas urbana y recreacionales existentes o futuras 7 OUE en conglomeraciones en zonas rurales 15 OUE en propiedades privadas
España (Catalonia)		Límite de concentración	Varía si la instalación es nueva o existente y el tipo de actividad También según la ofensividad	3 OUE más ofensivo 5 OUE moderadamente ofensivo 7 OUE menos ofensivo
Estados Unidos		Límite de razón dilución/umbral y distancias	Varía según el uso de suelo y según el número de reclamos recibidos	(Colorado) 7 D/U usado predominantemente para fines comerciales y residenciales 15 D/U para otros usos de suelo 7 D/U en el límite de la instalación y 2 D/U para cualquier receptor fuera de la instalación para producción en agricultura (incluyendo crianza de cerdos) (San Francisco) 5 D/U en el límite de la instalación, luego de que se reciban al menos 10 reclamos en un período de 90 días
Francia		Límite de concentración	Depende del tipo de instalación y si es nueva o existente	5 OUE, P 98, instalaciones de compostaje, en el receptor sensible 5 OUE, P 98, instalaciones existentes

País		Regulación	Definición de la regulación	Valor
				5 OUE, P 99.5, instalaciones nuevas
Hong Kong		Distancia de amortiguamiento fija	Según el receptor sensible más cercano (por uso de suelo)	5 OUE en el receptor sensible más cercano
Irlanda		Límite y meta de emisión	Varía si la instalación es nueva o existente	1.5 OUE/m ³ meta para todas las situaciones 3 OUE/m ³ instalaciones nuevas de crianza de cerdos 6 OUE/m ³ instalaciones existentes de crianza de cerdos
Israel		Límite de emisión	Varía por zona Y para instalaciones nuevas o existentes	1 OUE/m ³ para zonas residenciales 5 OUE/m ³ para zonas mixtas 10 OUE/m ³ para otras zonas Simulaciones de máximas concentraciones de olor para instalaciones nuevas y existentes percentil 100 Instalaciones nuevas percentil 99.5 Instalaciones existentes percentil 98
Italia	Lombardy	Límite de emisión	Difieren según población residencial y caracterización química de las emisiones odoríferas Diferenciado por nuevas y existentes	1 OUE 3 OUE 5 OUE P 98 para todas las actividades
	Puglia	Límites de impacto	La aceptabilidad del impacto se basa en el uso de suelo en la zona en donde se encuentra la planta y la presencia de receptores potencialmente sensibles Diferenciado por nuevas y existentes	1, 2, 3... p 98 para PTAS, a receptores sensibles
Japón		Límite de concentración e índice de olor	Según condiciones geográficas y demográficas	No hay
Noruega		Máximo impacto	Varía según el receptor (el vecino más cercano afectado), el uso de suelo y la ofensividad (por tipo de actividad)	1 OUE zonas residenciales, en el vecino más cercano 2 OUE zonas industriales, en el vecino más cercano
Nueva Zelanda		Límite de emisión	Depende de la sensibilidad del receptor (uso de suelo, densidad poblacional)	1 OUE Alta sensibilidad (inestable o semi inestable) 2 OUE Alta sensibilidad (neutral o estable) 5 OUE Sensibilidad moderada 5-10 OUE Baja sensibilidad
Países bajos		Distancias de separación y límite de impacto	Según el uso de suelo y cercanía a áreas construidas En base a receptores sensibles	2.5 OUE instalaciones de secado de forraje 0.7 OUE nuevas instalaciones de crianza animal 1.4 OUE instalaciones existentes de crianza animal 5 OUE panaderías y repostería 1.5 OUE mataderos 2.5 OUE procesamiento de carne >2.5, >5 o ≤2.5 OUE procesamiento de cacao 3.5 OUE tostadores de café 1.5 OUE cerveceras 1.5 OUE instalaciones nuevas de compostaje 3 OUE instalaciones existentes de compostaje

País	Regulación	Definición de la regulación	Valor
			1 y 5 OUE cementeras nuevas 2 y 10 OUE cementeras existentes 5 y 25 OUE cementeras en las cuales los receptores se encuentran en áreas de menor protección 1.5, 3 o 6 compostaje de residuos verdes
Panamá	Límite de razón dilución/umbral Límite de concentración	Según uso de suelo y ofensividad	15 D/U para zonas residenciales o comerciales 30 D/U para zonas industriales o rurales 3 OUE más ofensivo 6 OUE moderadamente ofensivo 10 OUE menos ofensivo
Reino Unido	Emisión	Difiere según la fuente de emisión (sector) Se establecen límites según ofensividad, en tres niveles (más ofensivo, moderadamente ofensivo y menos ofensivo)	1.5 OUE más ofensivo 3 OUE moderadamente ofensivo 6 OUE menos ofensivo
Taiwán	Límite de emisión y límite de concentración para ciertos componentes odoríferos	Según el uso de suelo	10 D/U para zonas residenciales 50 D/U para zonas industriales o de agricultura

^aLa distancia mínima se determina modelando el impacto del olor y asegurando que no hay receptores (actuales o futuros) dentro de la zona de "impacto" (umbral predeterminado)

Fuente: (Brancher et al., 2017; Ecotec Ingeniería LTDA, 2013)

8.4 Datos receptor más cercano y concentración

Tabla 8-4 Datos de concentración en receptor más cercano para ciertos planteles

N°	Plantel	Distancia al receptor más cercano (m)	Concentración en receptor más cercano (OU _E /m ³)	N° de animales	Categoría	Medidas de reducción de emisiones
P1	Plantel de cerdos Quebrada Honda	630	3	93500 ^a	crianza ^a	
P2	Modificación y regularización proyecto plantel de cerdos Pelarco	55	3.5	28000	crianza	Tratamiento secundario
		55	3.5	2500	madres	Tratamiento secundario
P3	Plantel de cerdos San Jose de Apalta	739 ^b	7	16630	crianza	Tratamiento secundario
P4	Remodelación planta de procesamiento de purines (PPP) plantel basal, con impulsión y conducción hacia plantel Campesino	93	3.513	64630	crianza	Tratamiento secundario
P5	Optimización del sistema de manejo de purines del primer grupo de 24 pabellones del plantel porcino de 10 mil madres San Agustín del arbolito	1440	8.2	41400	crianza	Tratamiento secundario

^aEsta información se obtiene de la RCA del proyecto

^bLa distancia al receptor más cercano se obtuvo de la RCA del proyecto, promediando las diferentes distancias de los receptores (para todos los receptores se tenía la misma concentración)

N/I: No informado; S/I: Sin información; N/A: No aplica

Fuente: Elaboración propia en base a (Envirometrika, 2018)

8.5 Cálculo del factor emisión concentración

Se recopiló la información de 80 puntos para su concentración a cierta distancia para un receptor y las emisiones del plantel correspondiente. Esto se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 8-5 Resumen de información de emisiones, concentración y distancia al receptor más cercano para diferentes planteles

N°	Emisiones totales declaradas (OU _E /año)	Concentración (OU _E /m ³)	Distancia (metros)	Plantel	Fuente
1	1,856,357	3.0	630	Quebrada Honda	(Envirometrika, 2018)
2	29,436	3.5	55	Pelarco	
3	150,504	7.0	739	San Jose de Apalta	
4	1,606,945	3.5	93	Campesino	
5	85,150	8.2	1,440	San Agustín del Arbolito	
6	354	7.44	23	La Islita	
7	354	2.62	451		
8	354	4.45	15		
9	354	3.71	729		
10	354	18.27	361	Santa Francisca	
11	1,871,436	11.33	90		
12	1,871,436	5	1,248		
13	1,871,436	2.67	1,375		
14	1,871,436	2.79	1,213		
15	1,871,436	1.41	613		
16	1,871,436	1.42	1,251	ASPROCER - límite inferior ^a	
17	1,138,750	3	518		Pelarco
18	153,000	3	484		El Guindo
19	12,040	3	267		Cavas de Codigua
20	25,800	3	334		La Perla
21	78,750	3	434		Tres Esquinas
22	52,486	3	418		PIC Andina
23	538,485	3	518		Fundo Los Castaños, sitio 1 y 2
24	22,461	3	317		Ex el Peñon
25	307,800	3	501		Las Astas
26	89,469	3	434		Santa Josefina
27	67,500	3	418		El Peumo
28	812,998	3	518		Rucapequén
29	13,353	3	284		Carlos Tapia
30	103,200	3	468		Parcela N°9
31	46,483	3	401		Sitio 34
32	367,006	3	501		Dinacar
33	14,320	3	284		Domingo Sepúlveda
34	38,990	3	384		La Ponderosa
35	586,500	3	2,982		Las Pircas
36	207,500	3	518		Santa Mariana
37	211,489	3	484		Mansel
38	31,962	3	501		Orlando Barra
39	64,360	3	367	Pro Granja	

40	39,615	3	518	El Molino, El Sauce & Lo de Cuevas
41	474,006	3	384	Bellavista
42	175,018	3	518	Fundo San Pedro
43	36,391	3	468	Santa Anita
44	114,166	3	367	Santa Clara
45	255,552	3	451	La Islita
46	353,142	3	501	Las Mariposas
47	19,800	3	501	Criadero Norte
48	186,300	3	284	San Guillermo
49	1,138,750	3	484	Pelarco
50	153,000	3	1,237	El Guindo
51	12,040	3	317	Cavas de Codigua
52	25,800	3	434	La Perla
53	78,750	3	785	Tres Esquinas
54	52,486	3	702	PIC Andina
55	538,485	3	2,140	Fundo Los Castaños, sitio 1 y 2
56	22,461	3	401	Ex el Peñon
57	307,800	3	1,438	Las Astas
58	89,469	3	802	Santa Josefina
59	67,500	3	702	El Peumo
60	812,998	3	2,474	Rucapequén
61	13,353	3	334	Carlos Tapia
62	103,200	3	1,003	Parcela N°9
63	46,483	3	668	Sitio 34
64	367,006	3	1,923	Dinacar
65	14,320	3	351	Domingo Sepúlveda
66	38,990	3	602	La Ponderosa
67	586,500	3	2,374	Las Pircas
68	207,500	3	1,404	Santa Mariana
69	211,489	3	1,454	Mansel
70	31,962	3	551	Orlando Barra
71	64,360	3	3,410	Pro Granja
72	39,615	3	602	El Molino, El Sauce & Lo de Cuevas
73	474,006	3	2,190	Bellavista
74	175,018	3	1,137	Fundo San Pedro
75	36,391	3	518	Santa Anita
76	114,166	3	919	Santa Clara
77	255,552	3	1,555	La Islita
78	353,142	3	1,789	Las Mariposas
79	19,800	3	367	Criadero Norte
80	186,300	3	1,187	San Guillermo

ASPROCER -
límite superior^a

Las líneas en rojo muestran los puntos que se eliminan en el cálculo de la línea de tendencia debido a que se consideran outliers

^aLa información obtenida de ASPROCER entrega un rango límite de distancia (límite superior e inferior) en el cual se sentirá un olor de 3 OU_E/m³

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta información se generan los factores emisión – concentración para cada caso, dividiendo las emisiones de cada plantel por la concentración. Luego se grafican los FEC de cada plantel con la distancia a la cual se obtiene la concentración dada, para analizar la dispersión de los datos. Se analiza la dispersión para diferentes agrupaciones de puntos, de manera de

encontrar alguna relación entre dichos puntos. Para cada subgrupo se calcula la línea de tendencia de los datos y se identifica el R^2 para analizar cuánto se asemeja la ecuación de la línea de tendencia a los puntos¹⁶. La Tabla 8-6 presenta los resultados obtenidos para las ecuaciones de la línea de tendencia en los diferentes grupos de puntos.

Tabla 8-6 Cálculo de ecuaciones para FEC

Fuente de los puntos a considerar		R^2	Tipo de ecuación
Todos los puntos		0.28	Potencial
ASPROCER - límite inferior ^a		0.59	Polinómica, de grado 2
ASPROCER - límite superior ^b		0.97	Polinómica, de grado 2
(Envirometrika, 2018)	Casos de estudio La Isalita y Sta Francisca	0.47	Exponencial
	Casos de estudio (punto 1 a 5)	0.99	Polinómica, de grado 3
	Todos los casos de estudio	0.26	Polinómica, de grado 3

^aSe elimina el punto n° 35 ya que se considera como un outlier

^bSe elimina el punto n° 71 y 49 ya que se consideran como un outliers

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la A partir de esta información se generan los factores emisión – concentración para cada caso, dividiendo las emisiones de cada plantel por la concentración. Luego se grafican los FEC de cada plantel con la distancia a la cual se obtiene la concentración dada, para analizar la dispersión de los datos. Se analiza la dispersión para diferentes agrupaciones de puntos, de manera de encontrar alguna relación entre dichos puntos. Para cada subgrupo se calcula la línea de tendencia de los datos y se identifica el R^2 para analizar cuánto se asemeja la ecuación de la línea de tendencia a los puntos. La Tabla 8-6 presenta los resultados obtenidos para las ecuaciones de la línea de tendencia en los diferentes grupos de puntos.

Tabla 8-6, las ecuaciones que más se asemejan al comportamiento de los puntos son los datos de ASPROCER – límite superior y casos de estudio (puntos 1 a 5). La ecuación obtenida de la curva de los casos de estudio tiene el R^2 más alto, sin embargo, la ecuación genera una relación que permite que existen FEC negativos, lo cual no tiene sentido, ya que esto implicaría que a mayor distancia aumentaría la concentración. Por este motivo no se considera el uso de esta ecuación y se decide utilizar la ecuación obtenida a partir de los puntos de ASPROCER – límite superior, con un R^2 de 0.97, la ecuación se presenta a continuación.

Ecuación 3

$$y = 0.0408x^2 - 8.4873x + 5,032.5$$

¹⁶ R^2 corresponde al coeficiente de determinación de la ecuación de la línea de tendencia, este coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados. Es decir, refleja el ajuste de la ecuación con los datos entregados, por lo cual se busca un valor de R^2 cercano a 1 para mayor calidad del modelo.