

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL ANTEPROYECTO NORMA DE EMISIÓN DE OLORES EN PLANTELES PORCINOS

Junio 2020

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012 del Ministerio de Medio Ambiente), se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de las propuestas normativas que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC), tarea que recae en el Departamento de Economía Ambiental (DEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una norma desde el desarrollo del anteproyecto hasta su aprobación contempla la elaboración de un documento AGIES que se realiza en dos etapas:

- Un primer documento para apoyar el proceso de participación ciudadana, denominado AGIES del Anteproyecto (A-AP)
- Y el segundo documento para apoyar al CMSyCC en la toma de decisión, denominado Actualización de Costos y Beneficios del Proyecto Definitivo (A-PD).

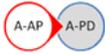
El presente AGIES se encuentra en el proceso A-AP (Figura 1, en rojo), y en él se evalúan los beneficios y los costos de la norma nacional de emisión de olores en planteles porcinos.



Figura 1. Etapa del AGIES: A-AP=AGIES Anteproyecto, PAC=Participación Ciudadana, A-PD=Actualización AGIES Proyecto Definitivo, CMS=Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados corresponden a las medidas definidas a la fecha de cierre de este informe, las que podrían sufrir modificaciones en etapas posteriores, tales como Consejo de Asesores, Participación Ciudadana, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.



Resumen

El presente informe muestra los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la Norma de Emisión de Olores en planteles porcinos.

El Anteproyecto propone establecer una norma emisión de olor para los planteles porcinos existentes y nuevos, diferenciando según tamaño del plantel. Dentro de las exigencias se definen límites de emisión de olor en el receptor, límites de emisión de olor en fuentes específicas y prácticas operacionales para el control y reducción de olor.

La metodología empleada en la elaboración del AGIES fue un Análisis Costo-Beneficio (ACB), donde se tradujo a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) que implica el cumplimiento de la Norma propuesta. La elaboración del ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación sin proyecto (línea base) y situación con proyecto. La línea base asumió que las emisiones de los planteles se mantienen constantes durante el periodo de evaluación, mientras que la situación con proyecto supuso que la norma entra en vigencia a partir del año 2022, aplicando exigencias desde el año 2024.

Para la evaluación de costos se consideraron los sistemas de remoción y reducción de olor necesarios para cumplir los estándares de emisión, así como los costos de fiscalización, monitoreo y reporte asociados. Los beneficios directos por la disminución de olores consideran la Disposición A Pagar y los costos sociales evitados molestos, además de los cobeneficios asociados a la reducción de emisiones de amoníaco y metano. Estos últimos están asociados a reducciones de riesgo de morbilidad y mortalidad en la población, al ser el amoníaco un precursor de $MP_{2,5}$ y el metano a la disminución de gases de efecto invernadero.

Los resultados del AGIES indican que:

- La norma mejoraría la calidad de vida de aproximadamente 160.000 personas.
- Se reducirán significativamente los niveles concentración de olor, desde concentraciones superiores a $100 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ en percentil 95 al nivel de cumplimiento de $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$.
- La normativa provee beneficios de US\$ 170 millones en Valor Presente (VP)¹.
- Los costos alcanzan los US\$ 128 millones en valor presente.
- La relación beneficio/costo es de 1,33.

En conclusión, el AGIES sugiere que la normativa es socialmente rentable, mejorando significativamente la calidad de vida de los habitantes expuestos a olores, así como además

¹ Se considera un valor de UF correspondiente a \$28.648, promedio de abril 2020 y un dólar de \$746,41 promedio móvil de abril 2019 a abril 2020.



de contribuir a la mitigación de otras externalidades negativas como la generación de gases de efecto invernadero y la contaminación atmosférica local.



Figuras y Tablas

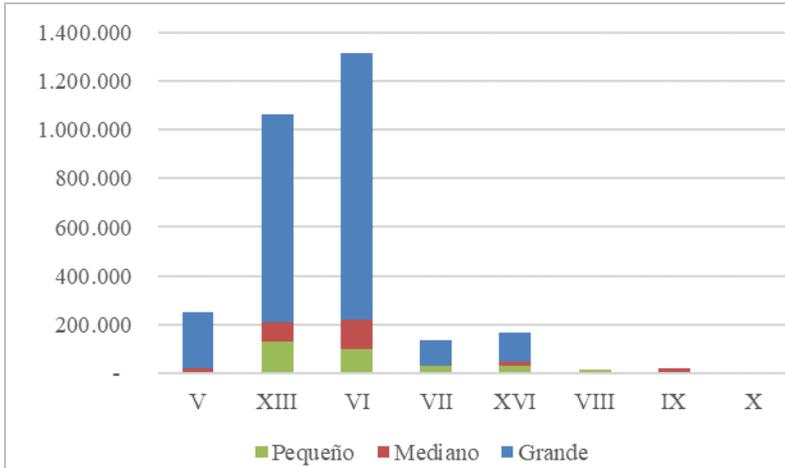


Figura A. Cantidad de animales según tamaño del plantel y región.

Un total de 2,97 millones de cerdos entrarán en la regulación, los cuales están concentrados en un 80% en las regiones Metropolitana y Libertador Bernardo O’Higgins. Esta cantidad equivale a 99 planteles regulados.

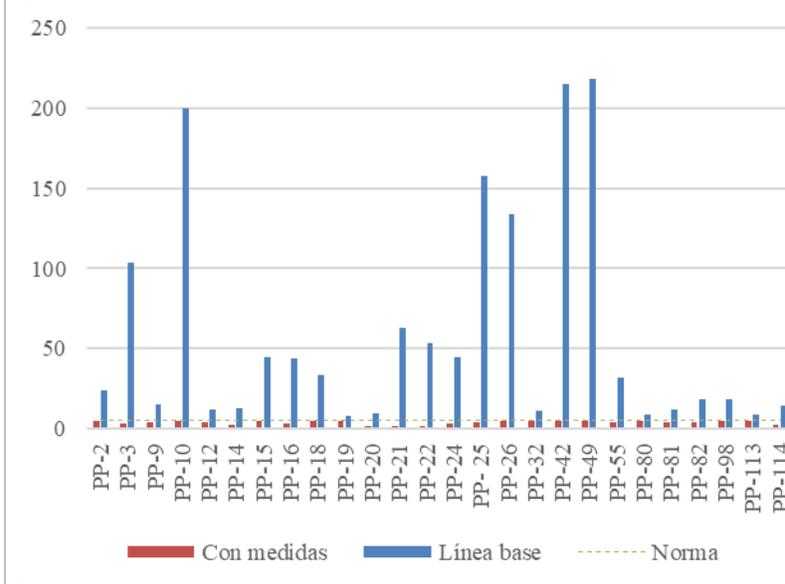
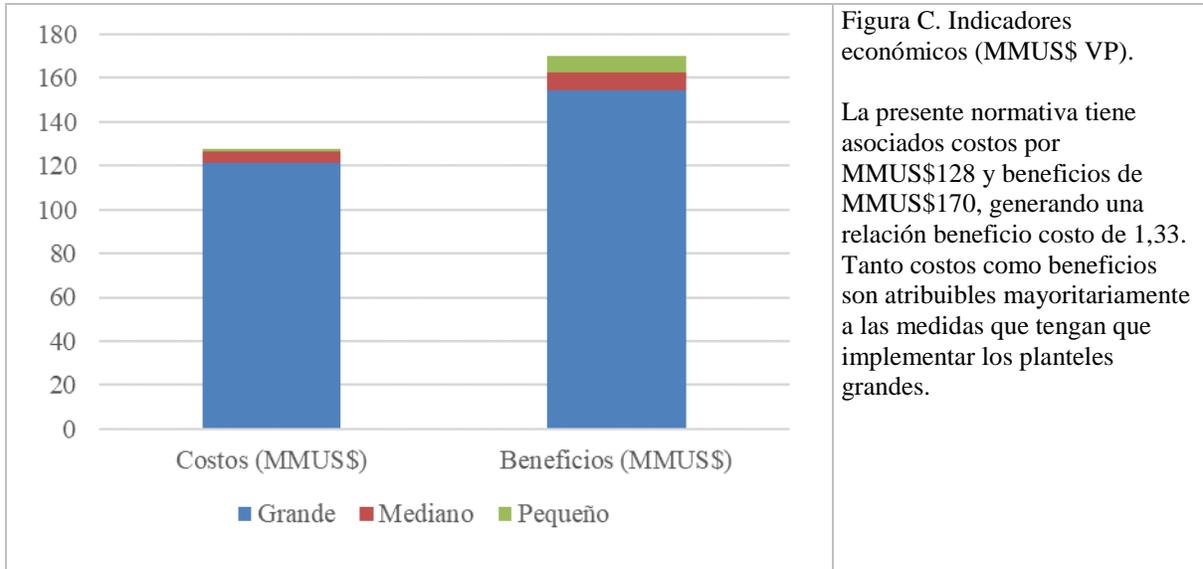
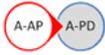


Figura B. Concentraciones en percentil 95 de Línea Base y de cumplimiento normativo en el receptor más impactado luego de aplicar las medidas necesarias para llegar al límite de olor ($5ou_E/m^3$, planteles grandes).

Se observa que existen 6 planteles que exceden las 100 ou_E/m^3 en promedio y pueden dar cumplimiento normativo. Se destaca de Figura B el importante potencial de reducción existente.

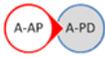


ÍNDICE

Resumen	2
1. Antecedentes	7
2. Metodología general.....	10
2.1. Línea base	11
2.1.1. Características de los planteles.....	12
2.1.2. Emisiones de olor	12
2.1.3. Emisiones de amoniaco.....	13
2.1.4. Emisiones de metano.....	14
2.1.5. Reducción de emisiones de olor.....	16
2.1.6. Reducción de emisiones de amoniaco.....	16
2.2. Modelación de concentración de olores.....	16
2.3. Cumplimiento Normativo	17
2.3.1. Reducción de olor en laguna	18
2.3.2. Límite de olor	18
2.4. Estimación de Costos.....	19
2.4.1. Reducción de olor en laguna	20
2.4.2. Límite de olor	21
2.4.3. Monitoreo y reportes	22
2.4.4. Fiscalización.....	23



2.5.	Estimación de Beneficios.....	24
2.5.1.	Estimación de Beneficios directos por Reducción de Olor	24
2.5.2.	Estimación de cobeneficios por reducción de Amoniac y Metano	27
2.6.	Ajuste de inflación y Paridad de Poder de Compra	29
2.7.	Análisis costo beneficio (ACB)	29
3.	Resultados	31
3.1.	Línea base y reducciones de emisiones y concentraciones.....	31
3.1.1.	Amoniac	31
3.1.2.	Metano.....	31
3.1.3.	Olor	32
3.2.	Población afectada por olores	33
3.3.	Cumplimiento normativo.....	34
3.3.1.	Reducción de olor en laguna	34
3.3.2.	Límite de olor	34
3.4.	Costos y beneficios	35
3.4.1.	Por exigencia del Anteproyecto	35
3.4.2.	Por tamaño de plantel	35
3.4.3.	Total	36
4.	Conclusiones	37
5.	Anexos.....	38
5.1.	Matriz de cumplimiento normativo	38
6.	Ficha del AGIES	42
7.	Bibliografía.....	43



1. Antecedentes

Entre los años 2012-2018 la carne de cerdo representó más de un tercio del total de carnes producidas en el país, con niveles aproximados de producción de entre 500.000 y 600.000 toneladas en vara al año. De estas cantidades, entre un 47 a 63% son exportadas anualmente, principalmente al mercado asiático. Solamente las exportaciones para el período 2008-2018 representaron una actividad económica de entre MMUS\$ 400.000 y 500.000 anuales (ASPROCER, 2020).

Los Planteles Porcinos, en adelante PP, son definidos en el Anteproyecto como “el espacio físico que consta de uno o más sectores, operado en forma técnicamente independiente o con un sistema de tratamiento o manejo de purín y administrativo común”.

El Anteproyecto propone establecer una norma emisión de olor para los planteles porcinos existentes y nuevos, diferenciando según tamaño del plantel. Dentro de las exigencias se definen límites de emisión de olor en el receptor, límites de emisión de olor en fuentes específicas y prácticas operacionales para el control y reducción de olor. En la Tabla 1, se presenta la clasificación de tamaños de plantel a considerar en la norma.

Tabla 1: Categorización de planteles porcinos según tamaño.

Categorización del Plantel	Cantidad de Animales Porcinos
Pequeño	750 a 12.500
Mediano	12.501 a 25.000
Grande	Mayor a 25.000

Fuente: Anteproyecto de la norma

A nivel nacional, los planteles porcinos regulados se distribuyen latitudinalmente desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos, tal como se presenta en Tabla 2:

Tabla 2: Cantidad de planteles porcinos según región y tamaño.

Categorización del Plantel	Región	Cantidad de PP
Grande	Libertador General Bernardo O'Higgins	14
	Maule	3
	Metropolitana de Santiago	7
	Ñuble	1
	Valparaíso	1
Mediano	La Araucanía	1
	Libertador General Bernardo O'Higgins	7
	Metropolitana de Santiago	4
	Ñuble	1
	Valparaíso	1



Pequeño	Biobío	1
	Libertador General Bernardo O'Higgins	20
	Los Lagos	1
	Maule	7
	Metropolitana de Santiago	25
	Ñuble	7
	Valparaíso	2
Total		99

Fuente: Elaboración propia en base a DICTUC (2019), (Envirometrika, 2019) y Departamento de Ruido, Lumínica y Olores (DRLO)

A continuación, se presentan las exigencias de la normativa de acuerdo con el Anteproyecto.

Respecto de la reducción de olor en fuentes, el Anteproyecto exige límites máximos de emisiones odorantes para las fuentes emisoras que incluyan lagunas como parte de su proceso productivo. Se entiende por laguna “aquel depósito en profundidad, destinado al almacenamiento o retención del purín de porcinos, resultante del proceso de homogenización y/o separación”. El límite para fuentes emisoras existentes dependerá del tamaño del plantel², tal como se puede observar en la Tabla 3.

Para el caso de las fuentes emisoras nuevas, todas deben contar con una eficiencia de reducción de olor de al menos un 50% para los pabellones, y de un 70% para las lagunas. Cabe señalar que, para la presente evaluación, sólo se consideran los planteles existentes.

Tabla 3: Límites de emisiones odorantes en laguna para fuentes emisoras existentes.

Categorización del plantel	Exigencia de límites máximos	Incluido en evaluación	Supuestos de evaluación
Pequeños	Al menos un 70 % medida a partir de la condición base	Sí	Implementan solo cobertura
Medianos y grandes	Al menos un 75% medida a partir de la condición base.	Sí	Implementan tecnología

Fuente: Anteproyecto de la norma

Los límites de emisión de olor establecidos en el Anteproyecto no podrán superar el valor indicado en la Tabla 4. Nuevamente, estos límites se evalúan solo para las fuentes existentes.

² Se eximen de los límites anteriores, las fuentes emisoras que cuenten con método de crianza de camas calientes, y aquellas que tienen sistemas de tratamiento de purines consistentes en biodigestor, biofiltros, tratamiento aerobio o lodo activado.

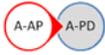


Tabla 4: Límites de emisión de olor

Estado del plantel	Categorización del plantel	Límite [ou_E/m^3]	Percentil promedio horario anual
Existentes	Grandes	5	95
Nuevos	Todos	3	98

Fuente: Anteproyecto de la norma

Considerando las características actuales de cada plantel, y las exigencias y excepciones de la normativa, se determinó cuántos planteles deberán realizar cada una de las medidas indicadas en la normativa, lo que se explica con más detalle en la metodología a continuación (sección 2.3).

Adicionalmente, el Anteproyecto requiere la elaboración del reporte de Prácticas Operacionales Estandarizadas (POE) para el control y reducción de emisiones de olor. Este incluye, en primer lugar, un Informe de Procedimientos Operacionales que debe contener el detalle de: limpieza en pabellones, volteo de fracción sólida del compostaje, operación y mantenimiento de tecnologías y transporte de purín, guano y/o lodo. En segundo lugar, se debe realizar un Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias de Olor, el cual debe describir las situaciones que pueden afectar al proyecto, las medidas a implementar, definir responsable de coordinación y un plan comunicacional. Ambos deben ser realizados por todos los planteles que deben cumplir con las exigencias de límites de reducción de olor en laguna y de emisión de olor.

Finalmente, los planteles que deban cumplir con límite de reducción en laguna, deberán acreditar ese cumplimiento (Artículo 5, Anteproyecto). Los planteles grandes que deben cumplir con la medida de límite de olor, deberán verificarlo a una distancia de 500 metros o en el receptor más impactado (Artículo 9, AP) y además realizar un monitoreo continuo de las emisiones de olor. (Artículo 20, AP)

2. Metodología general

La metodología empleada para el AGIES es el Análisis Costo-Beneficio. Esta metodología tiene fortalezas y debilidades (Parks & Gowdy, 2013; Wegner & Pascual, 2011), sin embargo, es ampliamente utilizada y recomendada en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Arrow et al., 1996; Boardman et al., 2006).

La reducción de emisiones asociada a la regulación ambiental tiene efectos económicos, sociales y medioambientales que se resumen en beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado y el Estado. El AGIES se elabora utilizando una secuencia de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las emisiones de línea base con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados de la regulación. Para ello, el presente análisis considera un modelo de emisión que evalúa el cumplimiento de las exigencias establecidas por la norma, el cual define tanto las medidas y actividades requeridas para cumplir, como los receptores impactados y la verificación en el receptor. Con esta información, se evalúan los costos, que dependen de las tecnologías y actividades, y los beneficios, que dependen de los receptores (ver Figura 2).

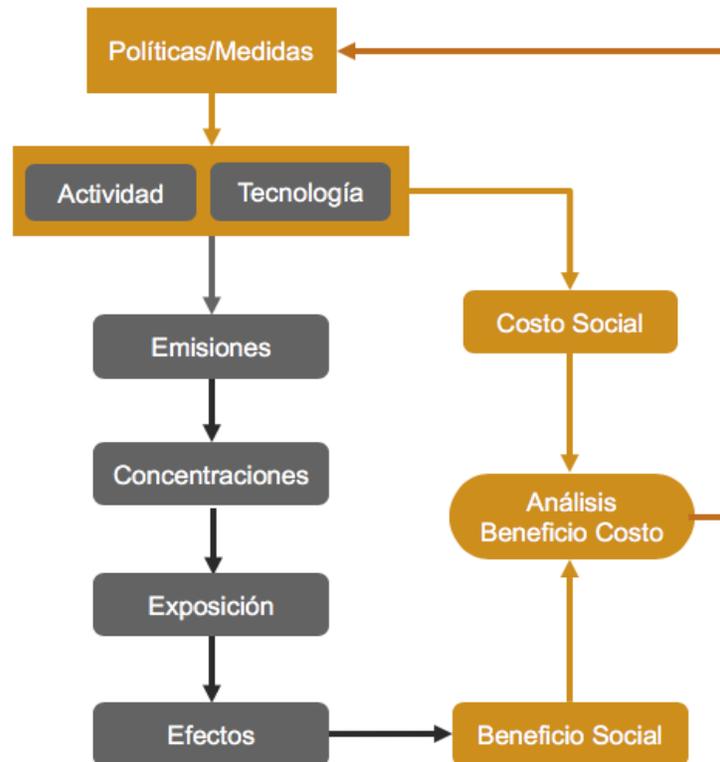
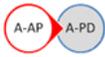


Figura 2. Diagrama de metodología utilizada para la evaluación del AGIES de la norma de emisión de olor.

Análisis Costo-Beneficio.

Fuente: (DICTUC, 2019)



En relación a los costos, se incorporan los relacionados a inversión y operación de los sistemas a instalar para cumplir con la normativa, los de monitoreo y elaboración de planes y los costos de fiscalización de la normativa (ver detalle en sección 2.4).

Los beneficios directos valorizados de la norma corresponden a la Disposición A Pagar (DAP) por reducir exposición al olor y a los costos sociales evitados de prevenir judicializaciones, depreciación de viviendas y otros malestares (ver detalle en sección 2.5).

Además, se consideran dos tipos de cobeneficios asociados la normativa. Primero, los impactos en la salud de la población expuesta debido a la disminución de concentración ambiental de $MP_{2,5}$ asociado a la reducción de emisiones amoníaco (NH_3). Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura por la mejora en la calidad del aire. En segundo término, se valoran los beneficios sociales por la reducción en emisiones de metano (CH_4), correspondiente a un Gas de Efecto Invernadero (GEI, ver detalle en sección 2.5).

Dentro de las limitaciones del análisis se menciona que no todos los beneficios de la normativa pueden ser valorizados monetariamente, dado que algunos, como la dignidad de las personas y el derecho a vivir en ambiente libre de contaminación no se transa en los mercados reales, ni sustitutos y tampoco en mercados hipotéticos. Por ende, cualquier metodología de valoración, ya sea de preferencias reveladas o declaradas no puede capturar todas las dimensiones del beneficio normativo.

Finalmente es importante recalcar que los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisiones mediante el uso de la metodología aquí planteada, sin embargo, no debe ser considerado como el único criterio para la aprobación de una política pública (Arrow et al., 1996; Lave & Gruenspecht, 1991). Ésta debe tener una visión integral que incorpore otras variables tales como el riesgo de la población expuesta, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras³.

2.1. Línea base

Diversos antecedentes sobre línea base de los planteles fueron levantados por los estudios de Envirometrika (2019) y DICTUC (2019). En casos que esta evaluación requiriese más información, fue recopilada por el Departamento de Ruido, Lumínica y Olores (DRLO) y el DEA. Dentro de los principales antecedentes, se incluyen:

- El número de animales y sus tipos por plantel, diferenciados por el estado del animal entre crianza, maternidad, engorda y recría.
- Los sistemas de limpieza en los pabellones, diferenciando si el suelo es ranurado (*slat*) o no, si tienen sistema de rastra o evacuación con limpieza tipo *Pit* o *Flush*.

³ D.S.38 y 39/2012 del MMA incorporan, entre otras cosas, la generación de comités, la Participación Ciudadana y el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad los cuales intentan incorporar los aspectos mencionados.



- Las tasas de emisión de olor por plantel por sector, ya sea en pabellones, lagunas, canchas de compostaje u otro según corresponda
- Los tipos de tecnologías ya implementados por los planteles, sus costos y eficiencias.

Cabe señalar que, el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA RM) ya exige medidas asociadas a la reducción de emisiones de amoníaco en planteles porcinos, por lo que se consideran como parte de la línea base de esta evaluación. En otras palabras, de las acciones ya demandadas por el PPDA RM no se derivan ni costos ni beneficios asociados a esta normativa porque estos son atribuibles a dicho instrumento.

En particular, se consideraron los 36 planteles que se ubican en la RM. De ellos, luego de excluir a los que posean sistema de camas calientes o sistema de tratamiento aerobio y/o biodigestor y quienes tengan menos de 12.500 animales, únicamente 3 planteles deben implementar medidas de reducción de amoníaco por PPDA (DICTUC, 2019). Dado que los planteles afectados deben reducir 5, 20 y 40% sus emisiones de NH_3 y que dicha reducción puede realizarse en cualquiera de las etapas de la cadena de manejo del purín, se asume que reducirán las emisiones de amoníaco mediante la cobertura de laguna (DICTUC, 2019), dado que esta medida cumpliría con al menos un 70% de reducción de amoníaco (ver, Tabla 10). Por ende, para esos 3 planteles no se evalúan ni costos ni beneficios que estén asociados a la cobertura de la laguna, dado que se consideran parte de la línea base.

2.1.1. Características de los planteles

De los planteles evaluados en este AGIES, 80 cuentan con laguna de acumulación, 12 no tienen y sobre 7 no se tiene información. Del total, se sabe que 8 poseen camas calientes, de los cuales 7 corresponden a los que no tienen información sobre sus lagunas. Además 20 ya poseen biodigestor, de los cuales 17 además tienen lagunas. Por último, 8 planteles grandes cuentan con cancha de compostaje y 9 tienen tratamiento de lodos activados.

La superficie de cada laguna fue recopilada por DICTUC (2019) y complementada por DRLO. Para los planteles pequeños y medianos, la cantidad de metros cuadrados de laguna fue estimada a partir de un factor de requerimiento de m^2 de laguna por animal según DICTUC (2019) y el cálculo se presenta en la **Ecuación 1**. Para los planteles grandes, las áreas de las lagunas fueron medidas en *Google Earth* por el DRLO.

$$\text{Superficie}_{laguna} = N^{\circ} \text{ animales}_i * \text{Requerimiento} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

Superficie_{laguna}: Superficie en metros cuadrados (m^2) de laguna por plantel i

N° animales_i: Número de animales por plantel i

Requerimiento: Superficie de laguna requerida por cerdo, $0,091667 \frac{\text{m}^2}{\text{animal}}$ según DICTUC (2019)

2.1.2. Emisiones de olor



Las emisiones de olor de línea de base se estimaron a partir de factores de emisión, según la configuración de cada plantel y las medidas que posee cada uno en línea base. Estos valores fueron entregados por DRLO a DEA. Para mayor detalle, revisar el “Informe Técnico de Modelación, Normativa de Emisión de Olores en Planteles Porcinos” adjunto al expediente.

2.1.3. Emisiones de amoniaco

Se cuantifican las emisiones de amoniaco para luego utilizarlas como insumo en el cálculo de cobeneficios, dado que el amoniaco es un precursor del MP_{2,5}.

En primer lugar, se estima la cantidad de nitrógeno (N) producido, a través de los Factores en Tabla 5.

Tabla 5. Factores de producción de nitrógeno N (kg/animal/año) según ciclo productivo del cerdo (tipo de cerdo).

Factor	Ciclo productivo del cerdo			
	Gestación	Maternidad	Recría / Crianza	Engorda
Producción de N (kg/animal/año)	18,4	18,4	9,81	9,81

La cantidad de cerdos en cada ciclo productivo se estima según la **Ecuación 2**.

$$N_i = \sum_k \sum_j FPN_j * N^{\circ}_{i,j,k} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

N_i : Nitrógeno producido al año (kg/año), por plantel i

FPN_j : Factor de producción de nitrógeno para el tipo de cerdo j (kg/cerdo j-año)

$N^{\circ}_{i,j,k}$: Número de cerdos por plantel i, área k y tipo de cerdo j (número de cerdos)

Luego, a través de los distintos sistemas de limpieza y la cantidad de cerdos en cada pabellón, se estima la cantidad de amoniaco emitida por cada pabellón. Lo anterior, utilizando los Factores de la Tabla 6, de manera equivalente a la **Ecuación 2**.

Tabla 6. Factor de producción de amoniaco por sistema de limpieza en pabellón

Sistema limpieza pabellón	Factor de emisión de amoniaco (kg NH ₃ /animal-año)
Cama caliente	4,66
Slat-pit	2,53
Slat-flush	2,13
Slat-flush/Slat-pit	2,13

De manera análoga al pabellón, se calculan las emisiones de amoniaco según cada etapa del proceso, tomando en cuenta el flujo de amoniaco restante del proceso anterior. Las etapas



consideradas son: pozo de homogenización, tratamiento secundario, lagunas y canchas de compostaje y sus factores de reducción se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Factor de reducción de amoniaco según etapa del proceso

Etapa	Porcentaje de reducción de amoniaco (%)
Pozo homogenizador	25%
Tratamiento secundario	12,5%
Laguna	40%
Cancha de compostaje	23,07%

2.1.4. Emisiones de metano

Para poder estimar los cobeneficios por la reducción de emisiones de metano (CH₄), se estima la cantidad de purín producido por plantel al año. En la Tabla 8 se presentan los factores de producción purín. Las fuentes de información para estos son DICTUC (2019) y FAO & INTA (2012). Estas estimaciones se hicieron considerando la cantidad y el ciclo de producción de cerdos.

Tabla 8. Factores de purín (m³/animal/año) según ciclo productivo del cerdo (tipo de cerdo).

Factor	Ciclo productivo del cerdo			
	Gestación	Maternidad	Recría / Crianza	Engorda
Producción de purín (m³/animal/año)	1,64	5,48	0,73	1,46

La cantidad de purín producido para cada uno de los planteles se estima según **Ecuación 3**.

$$Purín_i = \sum_k \sum_j FPPurín_j * N^o_{i,j,k} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde,

Purín_i: Purín producido al año (m³/año), por plantel i

FPPurín_j: Factor de producción de purín para el tipo de cerdo j (m³/cerdo_j-año)

N^o_{i,j,k}: Número de cerdos por plantel i, área k y tipo de cerdo j (número de cerdos)

A partir de la estimación de purín por plantel de Ecuación 3, se estima la cantidad de biogás generado por cada plantel, según **Ecuación 4** y DICTUC 2019 (pág. 171-174).

$$Biogás_i = Purín_i * ST * SV * Tasa\ biogás\ por\ tSV \quad \text{Ecuación 4}$$



Donde,

- Biogás:** Biogás producido al año ($m^3/año$), por plantel i en biodigestor
ST : Porcentaje de sólidos totales (ST) en el purín (%)
SV : Porcentaje de sólidos volátiles (SV) en el purín (%)
Tasa biogás por tSV: Tasa de generación de biogás por tonelada de sólidos volátiles disueltos (m^3/tSV removida)

Las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) evitadas se calculan según Ecuación 5, que a su vez se desglosan en **Ecuación 6** y **Ecuación 7**.

$$CO_{2e,i} = CO_{2e,i} SEN + CO_{2e,i} RET \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

- CO_{2e} :** Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor
 $CO_{2e,i} SEN$: Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor a causa del potencial eléctrico evitado del SEN (ton/año)
 $CO_{2e,i} RET$: Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor a causa de su retención (ton/año)

Las emisiones evitadas de CO_{2e} por el potencial de energía evitado del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se calculan de acuerdo a **Ecuación 6** y las emisiones evitadas por retención se calculan según **Ecuación 7**.

$$CO_{2e,i} SEN = Biogás_i * EBio * FE_{SEN} * FC \quad \text{Ecuación 6}$$

$$CO_{2e,i} RET = Biogás_i * \% CH_4 * D CH_4 * Pot Cal CH_4 * FC \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

- $CO_{2e,i} SEN$:** Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor a causa del potencial eléctrico evitado del SEN (ton/año)
 $Biogás_i$: Biogás producido al año ($m^3/año$), por plantel i en biodigestor
 $EBio$: Generación de energía por m^3 de biogás (kWh/m^3)
 FE_{SEN} : Factor de Emisión del SEN, promedio 2018 (tCO_{2e}/MWh)
 $CO_{2e,i} RET$: Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor a causa del potencial eléctrico evitado del SEN (ton/año)
 $\%CH_4$: Porcentaje del biogás que es metano (%)
 $D CH_4$: Densidad del metano (Kg/m^3)
 $Pot Cal CH_4$: Potencial de calentamiento del metano (tCO_{2e}/tCH_4)
 FC : Factor de conversión de unidades de kilo a mega ó ton

Los parámetros usados en las ecuaciones anteriores se muestran en la Tabla 9



Tabla 9: Parámetros considerados para la valorización de metano

Parámetro	Valor	Unidad
Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), promedio 2018, FE_{SEN}	0,4187	tCO _{2eq} /MWh
Potencial de calentamiento global del carbono, Pot Cal CH ₄	28	tCO ₂ /tCH ₄
Generación de energía por m ³ de biogás, EBio	2,04	kWh/m ³

Fuente: (DICTUC, 2019)

2.1.5. Reducción de emisiones de olor

Para el cálculo de la reducción de emisiones de olor debido a la incorporación de medidas de abatimiento, se tomaron las eficiencias de remoción para cada medida como lo indica la Tabla 12. Se calculó de manera análoga a la reducción de emisiones de amoníaco explicados a continuación.

2.1.6. Reducción de emisiones de amoníaco

Para el cálculo de la reducción de emisiones de amoníaco debido a la incorporación de medidas de abatimiento, se tomaron las eficiencias de remoción para cada medida como lo indica la Tabla 10, a través de la **Ecuación 8**.

Tabla 10. Eficiencias de remoción de amoníaco por tipo de medida

Medida	Eficiencia de remoción de amoníaco (%)
Biodigestor	13%
Biofiltro pabellón	80%
Cobertura laguna	70%
Cobertura pozo	52%
Cobertura rígida laguna	85%

$$Reducción\ NH_3 = \sum_{i=1}^n Emisiones\ NH_{3\ LB} * (1 - Red_m) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

Reducción NH₃: Reducción de emisiones de amoníaco (kgNH₃/año), por plantel i

EmisionesNH₃ LB: Emisiones de amoníaco en Línea Base en la etapa donde se aplicará la medida m (kgNH₃/año)

Red_m: Eficiencia de remoción de amoníaco de la medida m (valores en Tabla 10)

2.2. Modelación de concentración de olores



Para los planteles grandes que deben cumplir con el límite de olor en el receptor, se estimaron las concentraciones mediante modelación. Dicha concentración se modela a partir de emisiones para cada una de las fuentes de olor por plantel, tanto para la línea base como para los escenarios en que se aplican las medidas de abatimiento correspondientes.

La modelación de concentraciones fue realizada para la totalidad de los planteles grandes por el Departamento de Redes de Monitoreo en conjunto con el DRLO del MMA, utilizando el modelo CALPUFF. Esto permitió determinar la población afectada en línea base y en escenario de cumplimiento, calculándose el delta para obtener la población beneficiada por la norma. A partir de esto, se pudo estimar los costos y beneficios de la reducción de olor como se detalla en secciones 2.4 y 2.5.

La estimación de la población afectada por olores en los planteles grandes se realizó a través de geovisualización de imágenes satelitales en *Google Earth*. En esta plataforma, se seleccionó el área entre la curva de línea base en 1 unidad de olor y la de 5 unidades de olor en el escenario de cumplimiento, ambos valores en percentil 95 (ver secciones 2.3 y 5). Entre dichas áreas, se realizó una división por cuadrantes (NO-SO-NE-SE) y en cada cuadrante se marcaron los grupos de casas para contabilizar el total de hogares. Se excluyeron los techos de menor tamaño que podrían ser quinchos, o galpones de almacenamiento.

De manera adicional y, dado que el resto de los planteles (i.e. 73 medianos y pequeños) no están obligados a cumplir límite de olor en el receptor, se utilizaron los resultados de la modelación de penacho gaussiano y de CALPUFF de DICTUC (ver detalle en, DICTUC, 2019). Esto permitió estimar las concentraciones de cada plantel y, a su vez, la población afectada para luego poder calcular los beneficios de la reducción (DICTUC, 2019). Para los planteles más pequeños que no tenían información, se calculó una población proporcional dentro de los pequeños que sí tenían.

2.3. Cumplimiento Normativo

A continuación, en Tabla 11, se sintetizan los requerimientos normativos por tamaño de plantel. Luego en cada numeral se describen en detalle los supuestos del cumplimiento normativo.

Tabla 11. Requerimientos normativos por tamaño de plantel

Requerimiento	Pequeños	Medianos	Grandes
Límite de olor	No aplica		5 ou _E /m ³ , percentil 95
Reducción de olor en laguna	70% mínimo	75% mínimo	
Reporte	De inicio y cumplimiento		
Monitoreo	Solo para términos del reporte de cumplimiento		Continuo



2.3.1. Reducción de olor en laguna

El cumplimiento de reducción de olor en laguna fue evaluado para todos los planteles (i.e. pequeños, medianos y grandes). Para los planteles pequeños se consideró como cumplimiento cubrir la laguna con cobertura flotante (ver Tabla 12)., mientras que para los planteles medianos y grandes se consideró la implementación de tecnología. De este requerimiento se eximen tanto planteles pequeños, medianos y grandes si cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- Aquellas fuentes emisoras que cuenten con método de crianza de camas calientes.
- Aquellas fuentes emisoras que cuenten con sistemas de tratamiento de purines consistentes en biodigestor, biofiltros, tratamiento aerobio o lodo activado.

La información de línea de base para cada plantel fue levantada según se describe en sección 2.1. Luego, se identificó el número de planteles que requieren cubrir laguna o implementar tecnología. Para esta última, se tomó como supuesto la implementación de biodigestor (ver Tabla 12).

2.3.2. Límite de olor

El cumplimiento del límite de $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ en percentil 95, se evalúa caso a caso para los planteles grandes. Esta evaluación, se realiza a través del modelo CALPUFF, mediante la modelación iterativa del efecto de las distintas medidas según su eficiencia de remoción de olor (ver Tabla 12), hasta llegar a cumplimiento. Para la modelación de los distintos escenarios, se toma como base el cumplimiento en primera instancia de la medida de reducción de olor en laguna. Para la modelación de los distintos escenarios, se toma como base el cumplimiento en primera instancia de la medida de reducción de olor en laguna.

En Tabla 12 se presenta una descripción de las medidas consideradas. La matriz de cumplimiento de este límite, que identifica las medidas que debe aplicar cada plantel, se presenta en Tabla 19, Anexos. Los resultados de cumplimiento de olor se presentan en sección 3.1 y 3.3.

Tabla 12. Descripción de medidas

Medidas	Eficiencia de remoción de olores	Descripción	Fuente
Biodigestor	77%	Sistema de tratamiento anaerobio de olores y otros gases sobre la laguna, en que los microorganismos del medio transforman la materia orgánica y los nutrientes contenidos en una mezcla de gases, principalmente CH_4 y CO_2	DICTUC, 2019
Túnel	43%	Sistema de ventilación continua tipo túnel. Permite un número de renovaciones de aire	DICTUC, 2019



		interior que junto con “diluir” el aire oloroso ambiente, minimiza la carga odorante del pabellón	
Biofiltro pabellón	70%	Sistema de tratamiento de olores y otros gases en el pabellón	DORSET, 2019
Cobertura flotante de laguna	70%	Cubrir la laguna con cobertura flotante	DICTUC, 2019
Cobertura rígida de laguna	85%	Cubrir la laguna con cobertura rígida	DICTUC, 2019
Nave en cancha de compostaje	90% ⁴	Sistema de compostaje en galpón hermético	Agrosuper, 2015a; POCH, 2016; Rozeboom et al., 2012
Biofiltro en cancha de compostaje		Sistema tratamiento de olores y otros gases en la nave de la cancha de compostaje.	DORSET, 2019
Cambiar sistema de limpieza a rastra	60%	El sistema rastra para pabellones en cerdos son un medio para eliminar el purín y otros desechos de los edificios porcinos para su almacenamiento o tratamiento fuera del pabellón. Este método de limpieza consiste en la utilización de aspas automáticas para arrastrar el purín de los pabellones.	DRLO, 2020
Reducir área laguna	Variable ⁵	Reducir el área de la laguna para disminuir la superficie de emisión de olor. Esto incluye el costo de una nueva malla geotextil	DRLO, 2020
Trasladar lodos activados	Variable ⁶	Considera trasladar el tratamiento de lodos activados, de tal manera de alejarlo de los receptores más cercanos	(Agrícola Súper, 2006; Agrosuper, 2015b)

2.4. Estimación de Costos

En el presente AGIES se consideraron tanto costos de inversión como de operación y mantenimiento de la norma. Los costos de inversión fueron anualizados según la vida útil de la medida o tecnología y una tasa de descuento de 6%. Dicha anualización se calcula mediante la **Ecuación 9**.

⁴ Incluye nave y biofiltro en cancha de compostaje

⁵ No posee una eficiencia de reducción directa, ya que dependerá de en qué porcentaje se reduce el área

⁶ No posee una eficiencia de reducción directa, ya que dependerá de a donde se traslade



$$\text{Costo inversión} = \frac{I_0 * TD * (1 + TD)^{vu}}{(1 + TD)^{vu} - 1} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde,

Costo inversión:	Costo de inversión anualizado para cada medida US\$/año
I₀:	Inversión inicial (US\$, EUR ó CLP)
TD:	Tasa de descuento (6%)
vu:	Vida útil de la inversión

2.4.1. Reducción de olor en laguna

Eficiencia de 70%

Para los planteles pequeños que deben dar cumplimiento a este requisito, y que no se eximan por alguna razón de las consideradas en el Anteproyecto, se consideró el costo de cubrir la laguna. El costo de inversión considerado es de 26,18 US\$/m² (25 US\$/m² ajustados por inflación y PPC) y la vida útil es de 10 años, según DICTUC, (2019). La inversión inicial considerada se establece según la **Ecuación 11**, posteriormente se anualiza según la **Ecuación 9**.

Cabe mencionar que si bajo esta evaluación, un plantel debe implementar tecnología y además cubrir otras lagunas, se considera que el biodigestor se instalará en la laguna más pequeña, por lo tanto, el área a cubrir será el total de lagunas, menos la menor (Ecuación 10). Este supuesto se asumió con la intención de ser conservadores con los costos y estimar la mayor área total posible de requerimiento de cobertura de laguna para estos casos.

$$\text{Área a cubrir}_{pp} = \left(\sum_{i=\text{lag}_1}^{\text{lag}_n} \text{área lag}_1 + \text{área lag}_{n-1} \dots + \text{área lag}_n \right) - \text{área lag}_{n\text{min}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde,

Área a cubrir_{pp}:	Área a cubrir para planteles que deben implementar tecnología y cubrir lagunas (m ²)
Área laguna_n:	Área de la laguna n (m ²) por cada plantel
Área laguna_{nmin}:	Área de laguna (m ²) más pequeña por cada plantel

$$\text{Costo}_{inv-cob} = \text{Superficie Laguna}_i * \text{Costo unitario}_{cob} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde,

Costo_{inv-cob}:	Costo para cada plantel que tenga que cubrir laguna (US\$)
Superficie Laguna_i:	Superficie en metros cuadrados de laguna para cada plantel i (m ²)
Costo unitario_{cob}:	Costo de inversión unitario, 26,18 $\left[\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \right]$

Eficiencia de 75%

Para los planteles medianos y grandes que deben dar cumplimiento a este requisito (medianos y grandes), y que no se eximan por alguna razón de las consideradas en el Anteproyecto, se consideró el costo de la implementación de tecnología tipo biodigestor en la laguna. El costo de inversión considera una vida útil de esta tecnología de 10 años (DICTUC, 2019) y un costo de 22,04 US\$/animal (21,05 US\$/animal ajustados por



inflación y PPC); la inversión inicial se estima según **Ecuación 12** y posteriormente se anualiza según **Ecuación 9**. El costo de operación de la tecnología tipo biodigestor supone un costo de 2,12 US\$/animal-año (DICTUC, 2019) (2,02 US\$/animal-año ajustados por inflación y PPC) y el cálculo se representa en **Ecuación 13**.

$$Costo_{inv-tec} = N^{\circ}Animales_{pp} * Costo\ unitario_{inv-tec} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde,

Costo_{inv-tec}: Costo para cada plantel que deba implementar tecnología, considerando tecnología tipo biodigestor (US\$)

N°Animales_{pp}: Número de animales por plantel que tenga implementar tecnología (N°)

Costo unitario_{inv-tec}: Costo de inversión unitario, 22,04 $\left[\frac{US\$}{animal} \right]$

$$Costo_{op-tec} = N^{\circ}Animales_{pp} * Costo\ unitario_{op-tec} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde,

Costo_{op-tec}: Costo de operación para cada plantel que deba implementar tecnología (US\$/año)

N°Animales_{pp}: Número de animales por plantel que tenga que implementar biodigestor (N°)

Costo unitario_{op-tec}: Costo de operación unitario, 2,12 $\left[\frac{US\$}{animal-año} \right]$

2.4.2. Límite de olor

En base a los requerimientos particulares de cada uno de los planteles grandes para cumplir con el límite de olor, según fue modelado por el DRLO del MMA (sección 2.2), se estimaron costos de inversión y operación de las medidas descritas en Tabla 12.

Para los planteles que pudieran cumplir el límite normativo con más de una combinación de medidas, se seleccionó mediante optimización la alternativa más costo eficiente. Los costos de inversión y operación de cada medida se presentan en Tabla 13. Estos provienen de una revisión bibliográfica (DICTUC, 2019) que fue complementada por el DEA y el DRLO.

Tabla 13: Costos de cada medida a utilizar, ajustados al año 2020

Medida	Costo de inversión (según unidad)	Costo de operación	Unidad	Vida útil (años)	Fuente
Biodigestor	22,04	2,12	US\$/cerdo	10	DICTUC (2019)
Túnel	18,90		US\$/cerdo	15	DICTUC (2019)
Biofiltro pabellón	10,11	1,29	Euro/cerdo	10	(Dorset, 2019)
Cobertura flotante en laguna	26,18		US\$/m ²	10	DICTUC (2019)
Cobertura rígida en	32.050		CLP/m ²	10	(European



laguna					Commission, 2015)
Nave en cancha de compostaje	230.377		CLP/m ²	15	(Agrosuper, 2015a; POCH, 2016; Rozeboom et al., 2012)
Biofiltro en cancha de compostaje	10,11	1,29	Euro/cerdo	10	(Dorset, 2019)
Reducir área laguna	343.750		CLP/ton	50	(CMGC, 2020; CYPE, 2020)
Malla geotextil	12.279		CLP/m ²	50	(Aquamarket, 2020; GEOSAI, 2016; Mercadolibre, 2020)
Cambiar sistema de limpieza a rastra	18,01		US\$/cerdo	10	DICTUC (2019)
Trasladar Lodos activados	33.565 ⁷		CLP/cerdo	50	(Agrícola Súper, 2006; Agrosuper, 2015b)

Cabe destacar que primero se implementa la medida para cumplir con reducción de olor en laguna y luego se adicionan otras para cumplir con el límite de olor.

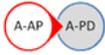
2.4.3. Monitoreo y reportes

Para los planteles pequeños y medianos que deban cumplir con límite de reducción en laguna, se consideró un costo de 58 UF/año por concepto de reporte de cumplimiento de esta exigencia.

Para los planteles grandes que deben cumplir con la medida de límite de olor en el receptor, se considera un costo de 310 UF/año por la realización de un Estudio de Impacto Olorífico (DICTUC, 2019). Además, para estos planteles se costó el monitoreo continuo en tiempo real de las emisiones de olor, considerando un costo de 500 UF/año (Envirometrika, 2019).

Como parte del Anteproyecto, se define la exigencia de entregar un reporte que incluya un Informe de Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y un Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias de Olor, tal como fue presentado en la sección de Antecedentes. Dicho reporte aplica para todos los planteles que deban cumplir límite de

⁷ Considera el costo de rehacer completamente el sistema de Lodos activados en otro lugar.



olor o reducción de olor en laguna y se debe realizar un año después de la entrada en vigencia de la norma.

El costo se evaluó según las Horas-Profesionales (HP) necesarias para elaborarlo. Se consideraron 180 HP para cada plantel, asimilando el valor de una HP a 0,3 UF/hora.

$$\text{Costo } POE_i = HP_{POE_i} * \text{Valor HP}$$

Ecuación 14

Donde,

Costo POE_i: Costo total anual reporte POE

HP POE_i: Horas Profesionales necesarias para informes POE por plantel i

Valor HP: Valor HP en UF/hora

2.4.4. Fiscalización

A partir del oficio N°3810 recibido de la Superintendencia de Medio Ambiente, se indica que para la implementación de la normativa se deberá incurrir en la contratación de personal adicional, así como también la generación de un sistema informático para el reporte que deberán realizar anualmente los titulares. Los costos desglosados se presentan en la Tabla 14.



Tabla 14: Costos SMA

Cantidad	Estamento	Lugar a desempeñarse	Grado	Costo Anual (CLP)	Productos
1	Fiscalizador Nivel Central	División de fiscalización, Nivel Central	11	\$30.300.000	Encargado de la fiscalización (inspecciones y examen de información), coordinación con la División de Sanción y Cumplimiento, y asistencia al cumplimiento. Además de apoyo al desarrollo de los sistemas de gestión de información, necesarios para la implementación de la norma
3	Fiscalizador Regional (3 regiones distintas)	División de fiscalización, Oficina Regional	12	\$75.300.000	Encargado de la fiscalización (inspecciones y examen de información) en la región, además de la asistencia al cumplimiento
2	Profesional DSC	División Sanción y Cumplimiento, Nivel Central	11	\$60.600.000	Encargado de la coordinación con la División de Fiscalización, y de los procedimientos sancionatorios, planes de cumplimiento y asistencia al cumplimiento
3	Sistema informático	Nivel Central, SMA	No aplica	\$200.000.000	1 Jefe de proyecto, 2 programadores, mantención 1 año.

Fuente: SMA oficio N°3810

Por lo tanto, considerando los costos en UF, correspondería a un costo anual de 5.801 UF/año por personal y un costo inicial de 6.981 UF por la creación de un sistema informático para el reporte de los titulares, equivalente a US\$ 222.674 anuales y US\$ 267.960 iniciales, respectivamente.

2.5. Estimación de Beneficios

2.5.1. Estimación de Beneficios directos por Reducción de Olor

A partir del estudio realizado por (DICTUC, 2019) se puede indicar que el olor, si bien no es tóxico en las concentraciones en que se genera la molestia, corresponde a un factor de estrés ambiental. Cuando la exposición es frecuente y repetida la población se ve afectada, perjudicando su bienestar de manera integral a través de trastornos del sueño, dolores de cabeza, problemas respiratorios, irritación de los ojos, nariz y garganta, náuseas, diarrea, ronquera, dolor de garganta, tos, opresión en el pecho, congestión nasal, palpitaciones,



dificultad para respirar, tensión, somnolencia y alteraciones en el estado de ánimo (Schiffman et al., 2000).

Además de estos malestares, usualmente la población se encuentra inducida a llevar a cabo acciones que limiten su afección por los olores, ya sea mediante la implementación de sistemas de abatimiento casero del olor, la búsqueda de asistencia médica y/o jurídica. Por último, existen antecedentes para asumir que el valor de las viviendas se deprecia a causa de la presencia de olor (Eyckmans et al., 2011). Por ende, para valorar los beneficios ambientales producto de la reducción de olores molestos, se consideraron como beneficios directos de la reducción de olor, los siguientes elementos que son distintos y diferenciables entre sí:

- a) Disposición A Pagar (DAP) por disminuir la exposición a olores molestos
- b) Costos sociales incurridos en búsqueda de atención médica
- c) Costos sociales incurridos en asistencia jurídica
- d) Costos sociales incurridos en abatimiento casero
- e) Costos sociales por depreciación de valor de las viviendas

La estimación de los beneficios por DAP fue obtenida a partir de tres estudios basados en metodologías de preferencias declaradas (Garrod & Willis, 1998; Lareau & Rae, 1989; Van Broeck et al., 2009), mientras que el resto de los costos sociales evitados (b,c,d y e) que pudieron ser valorizados económicamente, fueron estimados utilizando metodologías de preferencias reveladas (Beloff et al., 2000).

Debido a que los estudios de preferencias declaradas (Garrod & Willis, 1998; Lareau & Rae, 1989; Van Broeck et al., 2009) presentan los valores originales en distintas unidades (i.e. por persona o por hogar; por día o por año) no son comparables sino hasta luego de haber sido estandarizados por una unidad común. La conversión de personas por hogar fue realizada considerando 3,1 personas por hogar según INE (2017). Además, los valores originales están representados en distintas monedas y temporalidades, por lo cual también fueron ajustados según Poder de Paridad de Compra (PPC) e inflación según correspondiera (ver, sección 2.6).

En la Tabla 15 se presentan los valores de DAP en US\$ por día de olor evitado/hogar-año, luego de realizar todas las estandarizaciones correspondientes para hacer comparables los valores. Se puede observar, que independiente del tipo de olor y país, los valores tienen el mismo orden de magnitud y similares entre sí. Por ende, el presente AGIES utilizó el promedio de los tres valores que se presentan en Tabla 15.

Es importante recalcar que la métrica de día de olor evitado al año considera tanto la intensidad como la frecuencia del olor, que están respectivamente reguladas por la concentración de $50\mu\text{E}/\text{m}^3$ y el percentil 95 promedio horario anual. Se entiende por día de olor evitado como días con niveles menor o igual a la concentración establecida como límite en la norma, lo cual está validado por el umbral de molestia según la escala de



intensidad de Environment Agency (2002)⁸. La frecuencia está más explícitamente determinada por la unidad de “días”.

Tabla 15. Valores de Disposición a Pagar (DAP), en US\$ (2020), estandarizados por día de olor evitado-hogar-año.

Referencia	Tipo de olor	País	US\$/día de olor evitado-hogar-año
Lareau & Rae (1989)	Diésel	Estados Unidos	0,308
Garrod & Willis (1998)	Relleno	Reino Unido	0,427
Van Broeck et al. (2009)	PTAs	Países Bajos	0,395

Para realizar la conversión desde día de olor evitado/hogar-año, se utilizó el valor de percentil del límite de olor del diseño normativo. El percentil 95 de promedio horario anual establece la cantidad de horas que, en promedio, los valores de concentración de olor deberán estar bajo las 5 (ou_E/m^3). Lo anterior redundante en que, de las 8.760 horas de un año, 8.322 horas debieran estar bajo el límite de 5 (ou_E/m^3), lo cual se traduce en 346,75 días bajo dicho límite. Por ende, el beneficio por DAP (US\$/hogar-año) para la actual norma se establece según **Ecuación 15** y sintetiza en Tabla 16.

$$BDAP = \text{Promedio}_{DAP} * \text{Días sin olor}$$

Ecuación 15

Donde,

BDAP: Beneficio por DAP (US\$/hogar-año)

Promedio_{DAP}: Promedio de valores DAP por evitar exposición al olor (US\$/día de olor evitado-hogar-año)

Días sin olor: Promedio de días con concentraciones menores a 5 ou_E/m^3

El beneficio directo por reducción de olor incorpora, además, los costos sociales evitados por búsqueda de atención médica y jurídica, los gastos incurridos por los hogares en abatimiento casero y la depreciación de las viviendas (Beloff et al., 2000). La estimación de estos costos evitados, luego de ser ajustados según PPC e inflación para los años que correspondiera (ver, sección 2.6), es de 389,63 US\$/hogar-año y se muestra en Tabla 16.

El beneficio por DAP y el de costos evitados son aditivos, y en conjunto, representan un beneficio de 520,12 US\$/hogar-año. Estos beneficios son aditivos porque, tal como se mencionó en la introducción de esta sección, cada una de las metodologías (i.e. Preferencias Declaradas y Preferencias Reveladas) representan dimensiones distintas y separables de la aficción por olor. Así, la DAP considera la voluntad de los afectados por disminuir la exposición al olor, mientras que los costos evitados representan los costos en los que incurre cada hogar, en promedio, para lidiar con esos olores. Esta aproximación está en línea con lo planteado en la literatura especializada en valorización de impacto odorífero (Eshet et al., 2006, 2005).

⁸ Se establece según Environment Agency, 2002 que 5 ou_E/m^3 le corresponde una intensidad “faint”, cuya traducción directa es débil, tenue o remoto



Tabla 16. Síntesis de valores promedio de DAP agregados a año por norma y costos sociales evitados

DAP	Costos Social Evitados (CSE)	DAP + Costos evitados	Unidad
130,49	389,63	520,12	US\$/hogar-año

El beneficio social directo, agregado para la totalidad de la población afectada por impacto de olor, se estimó según **Ecuación 16**. El número de hogares beneficiados por reducción de olor se estimó según sección 2.2.

$$BDA = BDU * N^{\circ} \text{hogares} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde,

BDA:	Beneficio Directo Agregado (US\$/año)
BDU:	Beneficio Directo Unitario, BDAP+CSE (US\$/hogar-año)
N° hogares:	Número de hogares beneficiados por norma

Para el cálculo de beneficios económicos directos por reducción de olor, se consideró la población afectada según sección 2.2 para los modelos CALPUFF y de penacho Gaussiano. Como se presenta en sección 3, la población estimada por el DRLO para los planteles grandes, es significativamente mayor que la totalidad de la estimada mediante penacho Gaussiano (DICTUC, 2019). Es importante recalcar que la población estimada por el DRLO fue obtenida mediante el modelo más preciso disponible (CALPUFF).

La población afectada mediante ambas aproximaciones fue proyectada temporalmente a través del horizonte temporal de la evaluación. Para realizar dicha proyección, se utilizaron, las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2018) y la proporción de personas afectadas de cada comuna y por cada plantel. Dicha proporción de personas afectadas por olor en la comuna de los planteles se mantuvo constante a lo largo del tiempo y se multiplicó por las proyecciones anuales de población. Se evitó contabilizar más de una población comunal en el caso que hubiese más de un plantel por comuna.

$$Población_t = \sum_{i=1}^T \frac{PA_{ij}}{PC_{ij}} * PPROY_{j,t} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde,

Población_t:	Población (número de personas) afectadas en el año t
PA_{ij}:	Población Afectada para el plantel i en la comuna j
PC_{ij}:	Población Comunal j para el plantel i
PPROY_{j,t}:	Población Comunal j proyectada para el año t (número de personas)

Finalmente, para poder estimar los beneficios proporcionales a cada una de las medidas, se utilizó la reducción de emisiones de olor calculadas en la sección 2.1.5.

2.5.2. Estimación de cobeneficios por reducción de Amoniaco y Metano



Reducción de Amoniac

El amoniac (NH_3) es un precursor del material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$), por lo que evitar su emisión tiene efectos positivos en la calidad del aire. El NH_3 se produce como consecuencia de la actividad bacteriana sobre sustratos con nitrógeno orgánico. Los animales consumen una alta cantidad de proteínas y otras sustancias que contienen nitrógeno, en su alimento normal.

Para determinar la reducción de emisiones de NH_3 , se estimó la emisión de cada sección del plantel en la situación de línea base y con normativa según conceptualización (ver detalle en DICTUC, 2019), de acuerdo a las medidas a incorporar para cada plantel (ver, sección 2.3), obteniéndose las emisiones evitadas de amoniac.

Posteriormente, para obtener la reducción en la concentración de $\text{MP}_{2,5}$ producto de la reducción de emisión de NH_3 , se opta por un utilizar un factor de emisión-concentración (FEC) igual a $9,27 \times 10^{-5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{MP}_{2,5}/(\text{ton } \text{NH}_3)$) (Rizzi & De La Maza, 2017). Luego, considerando tasas de mortalidad comunal del DEIS para el año 2017, población CENSO 2017 según comuna en que se ubica el plantel, Valor de la Vida Estadística (17.260 UF al año 2019, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población) y coeficiente de riesgo unitario de (Lepeule et al., 2012) (mayores de 25 años, todas las causas), se valoriza el beneficio social que implica la mejora en salud producto de la disminución de mortalidad asociada a una disminución en la concentración de $\text{MP}_{2,5}$ (DICTUC, 2019).

Reducción de Metano

Para los planteles en que la evaluación de la normativa considere la instalación de tecnología tipo biodigestor como medida de reducción de olores se consideran los beneficios asociados a la reducción de metano, correspondiente a un gas de efecto invernadero (GEI) considerando dos aspectos:

- El biogás generado en el biodigestor es utilizado para la generación de energía – esto permite usar esta energía autogenerada en vez de obtener energía de la matriz eléctrica chilena o en su defecto, incorporar esta energía a la matriz eléctrica. Se obtiene un ahorro de emisiones de CO_{2e} por no utilizar la matriz. No se incluye el ahorro por evitar comprar energía de la matriz.
- La composición de biogás es, en gran parte, metano, por lo cual se evita la liberación de dicho metano. El metano se puede llevar a emisiones de CO_{2eq} con su potencial de calentamiento global.

En la sección 2.1.4 se indica el paso a paso para obtener las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) evitadas. Los beneficios asociados se calculan con la **Ecuación 18**, considerando como precio social del carbono: 32,5 US\$/ tonCO_2 (DICTUC, 2019).

$$\text{Cobeneficios}_{\text{CH}_4,i} = \text{CO}_{2e,i} * \text{PSC}$$

Ecuación 18

Donde,

$\text{Cobeneficios}_{\text{CH}_4,i}$: Beneficios asociados a las emisiones de metano evitadas para el plantel i

CO_{2e} : Emisiones de CO_{2e} evitadas anualmente (ton/año), por plantel i en biodigestor



PSC: Precio social del carbono (US\$/tonCO₂)

2.6. Ajuste de inflación y Paridad de Poder de Compra

Todos los valores de costos y beneficios fueron ajustados por Paridad de Poder de Compra (PPC), inflación e indicador de valor de mercado, según correspondiera.

El primer ajuste corresponde al ajuste por paridad de poder de compra (PPC). Este ajuste es aplicable en los casos en los que se ocupen estudios de diferentes países ya que en cada país la capacidad de compra es distinta (i.e. con un dólar en un país no necesariamente se puede comprar lo mismo que en otro país). Por lo tanto, para poder comparar el poder adquisitivo de una moneda en dos países distintos se requiere ajustar el valor mediante el tipo de cambio PPC. En la presente evaluación se utilizan los datos de PPC publicados por el Banco Mundial⁹.

En segundo lugar, se realiza un ajuste por la inflación del periodo para llevar todos a su valor correspondiente al año actual, según el año de la referencia original hasta el año 2020. La inflación es ajustada con datos anuales de inflación, según el Índice de Precios del Consumidor (IPC) del Banco Central¹⁰

Finalmente, los valores de costos y beneficios son presentados en US\$, utilizando el promedio móvil de los últimos doce meses para el dólar observado, según datos de la base estadística del Banco Central.

2.7. Análisis costo beneficio (ACB)

El Beneficio Social Neto de la norma se estima sustrayendo los costos totales de cierta medida, de los beneficios atribuibles a esa medida, según **Ecuación 19**. El Valor Actual Neto se calcula considerando el BSN, reflejando el valor futuro de costos y beneficios en su Valor Presente (VP), utilizando la tasa de descuento y los años de evaluación. El horizonte evaluado de la norma es de 10 años, la tasa de descuento de un 6% (MIDESO, 2018).

$$BSN = \sum BS_k - \sum CS_k \quad \text{Ecuación 19}$$

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{BSN}{(1+r)^t} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde,

BSN: Beneficio Social Neto todos los planteles y todas las medidas (US\$)
BS_k: Beneficio Social por la medida k (US\$/año)
CS_k: Costo Social por la medida k (US\$/año)
VAN: Valor Actual Neto (US\$)

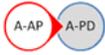
⁹ <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PRVT.PP>

¹⁰ <https://www.bcentral.cl/areas/estadisticas>



T, t:
r:

Horizonte temporal (años)
Tasa social de descuento



3. Resultados

3.1. Línea base y reducciones de emisiones y concentraciones

3.1.1. Amoniaco

La Figura 3 presenta las emisiones de amoniaco (ton/año) para el conjunto de los planteles evaluados en el presente AGIES. Se puede observar, en columnas azules las emisiones de Línea Base (LB), mientras que en rojo se muestran las emisiones luego de aplicadas las medidas de cumplimiento normativo. Los valores además se presentan según la etapa del proceso productivo en la que se aplican las medidas, es decir, pabellones, lagunas, tratamiento secundario y canchas de compostaje.

En situación de LB aproximadamente 19.985 toneladas de amoniaco son emitidas a la atmósfera al año, mientras que en escenario con medidas de cumplimiento normativo 12.182. La diferencia entre ambos escenarios, LB vs Normativo, se traduce en un delta de aproximadamente 7.803 ton/año de amoniaco evitadas. Utilizando el FEC considerado en sección 2.5.2, lo anterior redunda en una disminución de $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ al año.

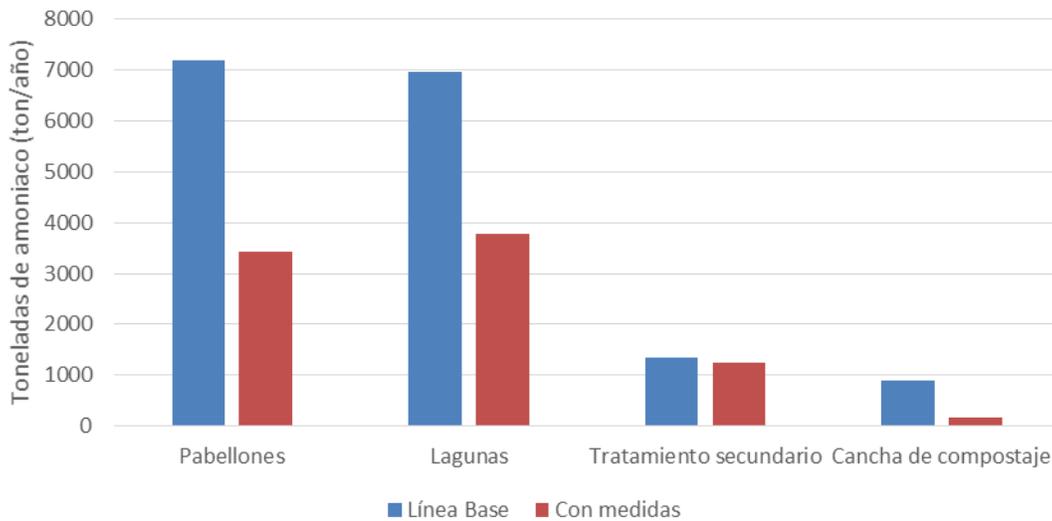


Figura 3. Emisiones de amoniaco de Línea de Base y con medidas (ton/año)

3.1.2. Metano

En Figura 4 se muestra el potencial de toneladas de CO_{2e} que se evitaría por plantel, para los planteles que se indican en la figura. La potencial reducción de emisiones varía entre aproximadamente 2.000 y 12.000 toneladas anuales de CO_{2e} por plantel, lo cual se traduce en 125.766 toneladas anuales para la totalidad de los planteles considerados. Estas



reducciones de CO_{2e} representan una mejora ambiental y contribución a la disminución de GEI.

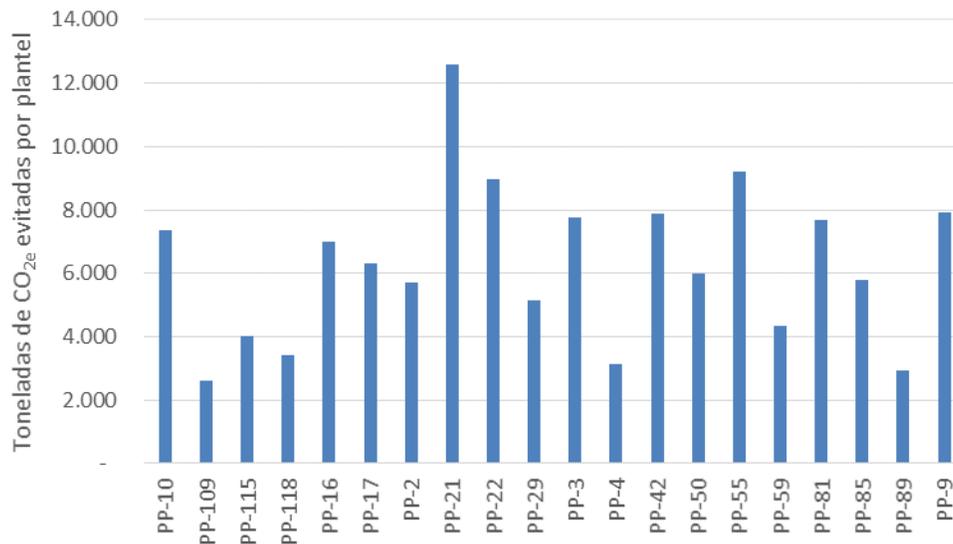


Figura 4. Toneladas anuales de CO_{2e} evitadas por plantel que aplica tecnología de abatimiento en laguna

3.1.3. Olor

Para los 26 planteles grandes se modeló la emisión de olor desde las distintas partes del plantel, verificada como concentraciones de inmisión en ou_E/m³ a 500 metros o el receptor más afectado. La Figura 5 muestra los resultados de concentraciones en el receptor más impactado de Línea Base (LB), las concentraciones luego de aplicar las medidas necesarias para dar cumplimiento normativo (ver sección 2.3) y el límite normativo (5ou_E/m³). La LB se muestra en columnas azules, las concentraciones con medidas en columnas rojas. Se destaca de la Figura 5 que existe un importante potencial de reducción de emisiones para los planteles grandes. De hecho, 6 Planteles presentan inmisiones sobre 100 ou_E/m³ en el receptor más impactado y aun así logran llegar a cumplimiento.

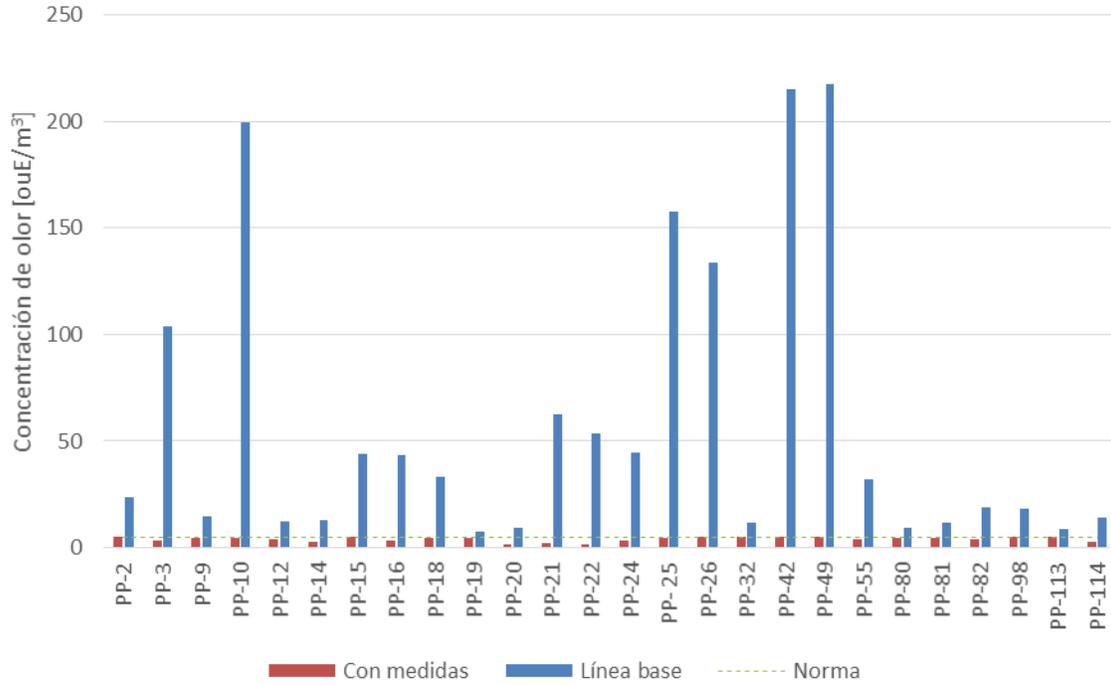
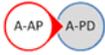


Figura 5. Inmisiones promedio y máximas en el receptor (ouE/m³). Las columnas azules representan la línea de base y las rojas después de aplicar medidas según corresponda a cada plantel.

3.2. Población afectada por olores

Como se presentó en la sección 2.2, la población afectada por olores y beneficiada por la norma, se estimó principalmente a través de geovisualización de imágenes satelitales, también por metodología de DICTUC y el uso de un proporcional para los más pequeños. Como resultado se obtiene que alrededor de 160.000 personas se verán beneficiadas por esta normativa.

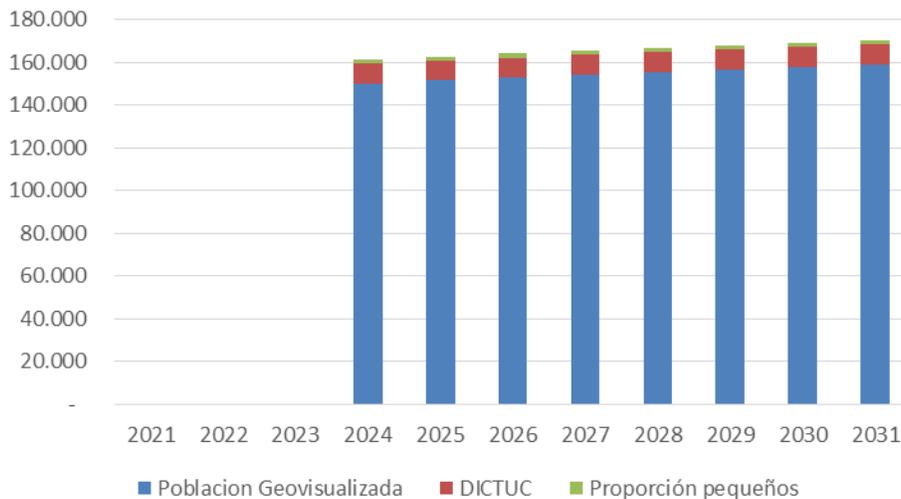


Figura 6. Población beneficiada por la normativa, según fuente de información utilizada



3.3. Cumplimiento normativo

3.3.1. Reducción de olor en laguna

Dadas las características mostradas en la sección 2.1.1., de un total de 80 planteles con laguna, 17 ya tienen biodigestor y 1 posee camas calientes, por tanto, 62 deben aplicar medidas para reducir olor en laguna. En la Figura 7 se muestra que de ellos 9 son grandes, 10 medianos y 43 pequeños. Según supuestos de evaluación, los grandes y medianos, aplicarán tecnología y los pequeños, cobertura.

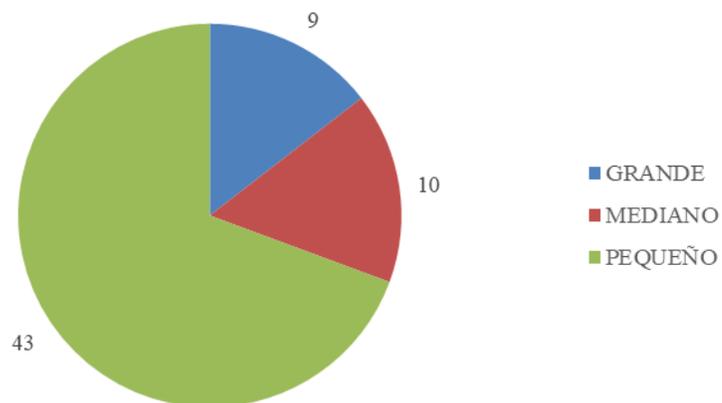


Figura 7. Planteles que aplican reducción en laguna

3.3.2. Límite de olor

Del total de 26 planteles grandes 25 deberán aplicar medidas para reducir su emisión de olor, ya que un plantel llega a cumplimiento con la implementación de tecnología para reducción de olor a laguna. La Tabla 17 muestra la cantidad de planteles que aplican cada medida.

Tabla 17. Medidas aplicadas para reducir emisiones de olor

Medida	Cantidad de planteles
Túnel	25
Biofiltro en pabellón	19
Cobertura en laguna	19
Reducir área de laguna	7
Cambiar sistema de limpieza a rastra	7
Nave y biofiltro en cancha de compostaje	5
Biodigestor	1



Rehacer lodos activados	1
-------------------------	---

3.4. Costos y beneficios

Los costos totales ascienden a US\$ 128 millones mientras que los beneficios son estimados en US\$ 170 millones. A continuación, se presentan los resultados según diferentes desagregaciones.

3.4.1. Por exigencia del Anteproyecto

Los costos y beneficios estimados por el AGIES se muestran en Valor Presente (VP) en la Figura 8, diferenciados por exigencia del Anteproyecto.

El análisis muestra que, tanto para costos como para beneficios, la exigencia de mayor impacto es la de límite olor y en segundo lugar la reducción en laguna. El límite de olor implica un costo de MMUS\$ 108 mientras que los beneficios son estimados en MMUS\$ 98. En términos porcentuales, lo anterior significa que el límite de olor representa un 84% de los costos y un 57% de los beneficios (VP).

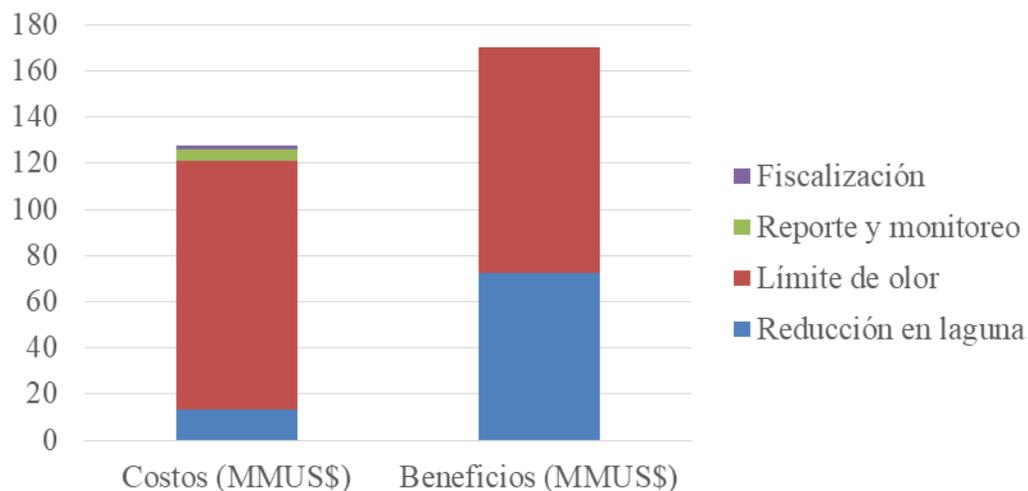


Figura 8. Costos y beneficios económicos por exigencia del Anteproyecto

3.4.2. Por tamaño de plantel

Se observa en la Figura 9 que tanto la mayoría de los costos como los beneficios son atribuibles a medidas que deben implementar los planteles grandes. Para éstos, los costos ascienden a MMUS\$ 121 y los beneficios a MMUS\$ 154, dejando una relación B/C para los planteles grandes de 1,28. Para los planteles medianos, los costos ascienden a MMUS\$ 4,87 y los beneficios a MMUS\$ 8,1, originando una relación B/C de 1,66. Finalmente, para los planteles pequeños los costos representan MMUS\$ 0,87 y los beneficios a MMUS\$ 7,74, generando una relación B/C de 8,88.

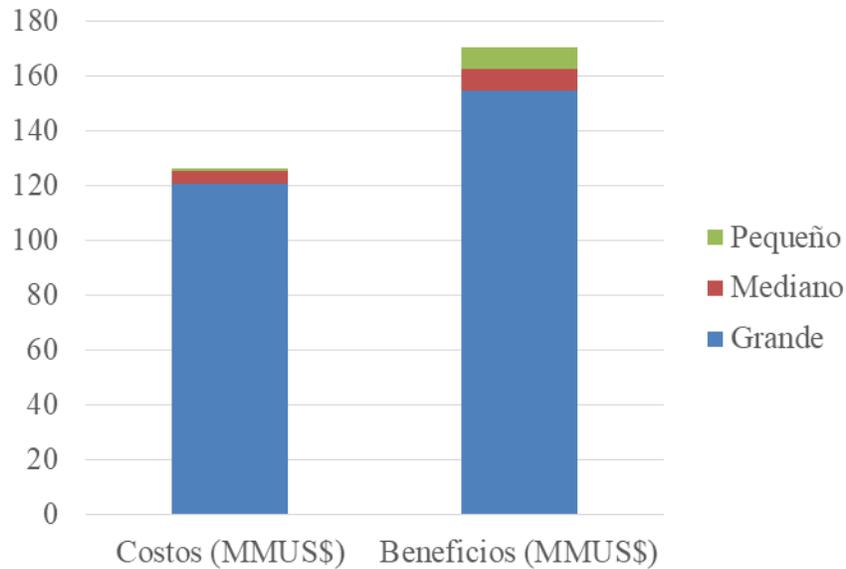


Figura 9. Costos y beneficios por tamaño de plantel.

3.4.3. Total

Finalmente, los resultados globales se muestran en la Tabla 18, según tipo de costo y tipo de beneficio, para cada exigencia del Anteproyecto. La relación beneficio costo de la implementación de la norma es de 1,33.

Tabla 18. Costos y beneficios totales por exigencia del AP

Tipo de Medida	Costos (MMUS\$)		Beneficios (MMUS\$)		
	Inversión	Operación	Olor	Metano	Amoniaco
Reducción en laguna	8,03	5,41	52,16	20,00	0,40
Límite de olor	86,92	20,87	91,13	1,31	5,22
Reporte y monitoreo	0,00	5,06			
Fiscalización	1,39				
TOTAL	128		170		



4. Conclusiones

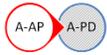
La presente evaluación determina que de acuerdo al indicador de razón B/C obtenida (1,33) la norma es socialmente rentable. Es decir, el Beneficio Social Neto (BSN) de la norma es positivo, con beneficios que ascienden a US\$170 y costos de US\$128 en Valor Presente.

En detalle, la presente evaluación sugiere relaciones B/C positivas para todos los tamaños de planteles considerados (ver, sección 3.4.2). Por supuesto, estas relaciones son distintas por tipo de tamaño, siendo menor para los planteles grandes (1,28) y mayor para los pequeños (8,17), lo cual se interpreta como un buen indicador del diseño normativo, que distribuye los costos y exigencias de acuerdo al tamaño de los planteles.

Más allá de la rentabilidad social positiva de la norma, aun así, hay beneficios que no pueden ser valorizados en términos monetarios. Por ejemplo, la dignidad con la que viven las personas o el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, son dimensiones de los beneficios normativos que difícilmente pueden ser valorizados en términos monetarios, incluso a pesar de la existencia de técnicas de valoración especializadas. Debido a la naturaleza abstracta e incommensurable de la dignidad humana (Martínez Alier, 2009), estos beneficios normativos escapan de la evaluación técnica realizada y están más allá del alcance del presente AGIES. Por otro lado, existen beneficios no cuantificados, como ahorros en procesos productivos, como el consumo de agua por cambio de sistema de limpieza a rastra.

Por ende, existen otros elementos que se debieran considerar para la toma de decisión como son la justicia social, la calidad de vida, Objetivos de Desarrollo Sostenible y evitar conflictos socioambientales.

Es importante señalar que los resultados obtenidos en este análisis obedecen a la metodología y supuestos establecidos y deben ser considerados como un antecedente más para la toma de decisiones, a la cual se debe incorporar otros elementos relevantes para la discusión del instrumento, como los antes mencionados.



5. Anexos

5.1. Matriz de cumplimiento normativo

Tabla 19. Matriz de cumplimiento normativo por plantel, medida y tamaño. Los 1 representan la necesidad de implementar la medida que indica, los 0 la no necesidad.

Plantel	Biodigestor	Biofiltro en pabellón	Cambiar sistema de limpieza a rastra	Cobertura en laguna	Nave y biofiltro en cancha de compostaje	Reducir área de laguna	Rehacer lodos activados	Túnel
PP-1	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-2	1	1	0	0	0	0	0	1
PP-3	1	1	1	1	1	1	0	1
PP-4	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-6	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-8	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-9	1	0	0	1	0	0	0	1
PP-10	1	1	1	1	0	1	0	1
PP-12	0	1	0	0	0	0	0	1
PP-13	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-14	0	1	0	1	0	0	0	1
PP-15	0	1	0	1	1	0	0	1
PP-16	1	1	0	1	0	0	0	1
PP-17	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-18	0	1	0	0	1	0	0	1
PP-19	0	0	0	0	0	0	0	1
PP-20	0	0	0	0	0	0	0	1
PP-21	1	1	1	1	0	1	0	1
PP-22	1	1	0	1	0	1	0	1
PP-23	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-24	0	1	1	1	0	1	0	1
PP-25	0	1	1	1	1	1	1	1
PP-26	0	1	1	1	1	0	0	1
PP-29	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-30	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-31	0	0	0	0	0	0	0	0



PP-32	0	0	0	1	0	0	0	1
PP-34	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-35	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-37	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-38	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-39	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-40	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-41	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-42	1	1	0	1	0	0	0	1
PP-43	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-44	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-45	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-46	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-47	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-48	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-49	0	1	1	1	0	1	0	1
PP-50	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-52	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-53	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-54	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-55	1	1	0	1	0	0	0	1
PP-56	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-57	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-59	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-60	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-61	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-62	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-63	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-64	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-65	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-66	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-68	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-70	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-73	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-74	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-75	0	0	0	1	0	0	0	0



PP-76	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-77	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-78	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-79	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-80	0	0	0	1	0	0	0	1
PP-81	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-82	0	1	0	1	0	0	0	1
PP-85	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-86	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-87	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-88	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-89	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-91	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-96	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-97	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-98	0	1	0	1	0	0	0	1
PP-100	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-101	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-103	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-104	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-105	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-106	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-107	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-108	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-109	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-110	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-111	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-113	0	0	0	0	0	0	0	1
PP-114	0	1	0	1	0	0	0	1
PP-115	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-117	0	0	0	0	0	0	0	0
PP-118	1	0	0	0	0	0	0	0
PP-119	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-120	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-121	0	0	0	1	0	0	0	0
PP-122	0	0	0	1	0	0	0	0



PP-123	0	0	0	1	0	0	0	0
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---



6. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos.
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Norma de Emisión de Olores en Planteles Porcinos.
	Tipo de regulación	Norma de emisión de olor
	Fecha de término del AGIES	26/06/2020
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Nuevo
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio
	Normativas consideradas de línea base	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica Región Metropolitana
	Nivel de evaluación de beneficios	Se valoraron beneficios por reducción de olores molestos, y cobeneficios por reducción de amoníaco (precursor de $MP_{2,5}$) y de metano (gas de efecto invernadero)
	Tasa de descuento	6%
	Beta	0,0131
	Tasas de incidencia	(GreenLabUC, 2015)
	Valor de la vida estadística	17.260 UF al año 2019, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población
	Años de evaluación	2021-2031
Parámetros	Valor del dólar	746,41 pesos/dólar
	Valor de la UF	28.648 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MMUS\$ (valor presente)	128 millones de US\$
	Beneficios estimados en MM US\$ (valor presente)	170 millones de US\$



7. Bibliografía

- Arrow, K.J., Cropper, M.L., Eads, G.C., Hahn, R.W., Lave, L.B., Noll, R.G., Portney, P.R., Rusell, M., Schmalensee, R., Smith, V.K., Stavins, R.N., 1996. Is There a Role for Benefit-Cost Analysis in Environmental, Health, and Safety Regulation? *Science* (80-). 272, 221–222. <https://doi.org/10.1017/s1355770x97220164>
- ASPROCER, 2016. Análisis sectorial - ASPROCER [WWW Document]. URL <http://www.asprocer.cl/industria/analisis-sectorial/> (accessed 6.26.20).
- Beloff, B.R., Beaver, E.R., Massin, H., 2000. Assessing societal costs associated with environmental impacts. *Environ. Qual. Manag.* 10, 67–82. [https://doi.org/10.1002/1520-6483\(200024\)10:2<67::AID-TQEM8>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1520-6483(200024)10:2<67::AID-TQEM8>3.0.CO;2-B)
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L., 2006. Cost-benefit analysis: concepts and practice, 3rd Ed. Up. ed. NJ: Prentice Hall.
- DICTUC, 2019. ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES PARA SECTOR PORCINO.
- Dorset, 2019. Aircleaning factsheet.
- Envirometrika, 2019. GENERACIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES PARA LA CRIANZA INTENSIVA DE ANIMALES.
- Environment Agency, 2002. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) DRAFT Horizontal Guidance for Odour Part 2 – Assessment and Control.
- Eshet, T., Ayalon, O., Shechter, M., 2006. An inclusive comparative review of valuation methods for assessing environmental goods and externalities. *Int. J. Bus. Environ.* 1, 190. <https://doi.org/10.1504/ijbe.2006.010684>
- Eshet, T., Ayalon, O., Shechter, M., 2005. A critical review of economic valuation studies of externalities from incineration and landfilling. *Waste Manag. Res.* 23, 487–504. <https://doi.org/10.1177/0734242X05060966>
- Eyckmans, J., Jaeger, S. De, Rousseau, S., 2011. Hedonic valuation of odor nuisance using field measurements: A case study of an animal waste processing facility in flanders. <https://doi.org/10.3368/le.89.1.53>
- FAO, INTA, 2012. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar, Onu - Fao.
- Garrod, G., Willis, K., 1998. Estimating lost amenity due to landfill waste disposal. *Resour. Conserv. Recycl.* 22, 83–95. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(97\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(97)00046-3)
- GreenLabUC, 2015. Actualización de tasas de incidencia base, valores unitarios por eventos de morbilidad y análisis de funciones dosis – respuesta para contaminación atmosférica. Preparado para Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-148-LE14.
- INE, 2018. Proyecciones de población [WWW Document]. URL <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>
- INE, 2017. SÍNTESIS DE RESULTADOS CENSO 2017.



- Lareau, T.J., Rae, D.A., 1989. Valuing WTP for Diesel Odor Reductions: An Application of Contingent Ranking Technique. *South. Econ. J.* 55, 728. <https://doi.org/10.2307/1059585>
- Lave, L., Gruenspecht, H., 1991. Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees. *J. Air Waste Manag.* 41, 680–690.
- Lepeule, J., Laden, F., Dockery, D., Schwartz, J., 2012. Chronic exposure to fine particles and mortality: An extended follow-up of the Harvard six cities study from 1974 to 2009. *Environ. Health Perspect.* 120, 965–970. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104660>
- Martínez Alier, J., 2009. El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración.
- MIDESO, 2018. Precios Sociales 2018.
- Parks, S., Gowdy, J., 2013. What have economists learned about valuing nature? A review essay. *Ecosyst. Serv.* 3, e1–e10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.002>
- Rizzi, L.I., De La Maza, C., 2017. The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 98, 123–140. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.02.002>
- Rozeboom, D., May, G.A., Darrin, K., 2012. Economic Costs of Open Static Pile and In-Vessel Systems for Routine Mortality Management on Swine Farms, International Symposium on Managing Animal Mortality.
- Schiffman, S.S., Walker, J.M., Dalton, P., Lorig, T.S., Raymer, J.H., Shusterman, D., Williams, C.M., 2000. Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *J. Agromedicine* 9, 395–403. https://doi.org/10.1300/J096v09n02_24
- Van Broeck, G., Bogaert, S., De Meyer, L., 2009. Monetary valuation of odour nuisance as a tool to evaluate cost effectiveness of possible odour reduction techniques, Odours and VOCs: Measurement, Regulation and Control Techniques. kassel university press GmbH.
- Wegner, G., Pascual, U., 2011. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. *Glob. Environ. Chang.* 21, 492–504. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.008>