



UNIVERSIDAD DE CHILE- FACULTAD DE CIENCIAS- ESCUELA DE PREGRADO

“EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA PORCINA Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL MANEJO DE PURINES. ESTUDIO DE CASO”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental.

Benicio A. Martínez González

Director Seminario de Título: Paulina Ramos Pozo

Profesor Patrocinante: Gustavo Salinas

Octubre 2019
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por **Benicio Martínez González**.

“EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA PORCINA Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL MANEJO DE PURINES. ESTUDIO DE CASO”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico ambiental.

Director Seminario de Título: Paulina Ramos Pozo

Comisión Revisora y Evaluadora

Presidente Comisión: Isel Cortes

Evaluador: Julio Hidalgo

Santiago de Chile, octubre de 2019

BIOGRAFIA

Benicio Martínez González, nació el 22 de noviembre de 1988, en la comuna de Rengo, desde temprana edad notó su gusto por la ciencia y el deporte, en particular el baloncesto.

Desarrollo su etapa escolar en el Colegio Asunción de Rengo, destacándose en los ramos científicos y deportivos del colegio.

Después de su etapa escolar el 2010 ingresó a la carrera de Química Ambiental en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, en donde encontró la forma de desarrollar su pasión por la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecer a mi madre Luisa, a mis abuelos Luis y Margarita, a mis hermanas Paulina y Nathalie, y a mi familia por estar incondicionalmente en mi etapa estudiantil.

Segundo a mi novia Paula, que conocí el día uno de universidad y me acompaña hasta el día de hoy, y a mi hijo Joaquín por darme el aliento para nunca bajar los brazos. También a los padres de Paula por ser un gran apoyo.

Tercero a todos mis leales amigos que me acompañaron en este proceso (son muchos, ellos saben quiénes son), también a funcionarios que marcaron esta etapa como Marisol y Rubén siempre amigables y buena voluntad.

Cuarto a Paulina Ramos directora de esta tesis, al profesor Gustavo Salinas y al profesor Richard Toro por guiarme en el desarrollo de este último paso de la carrera.

Finalmente, a la Profesora Cecilia Labbé por creer en mí.

INDICE DE CONTENIDOS

BIOGRAFIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS O CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Industria porcina.....	1
1.2. Purines	2
1.3 Composición del purín	2
1.4 Nutrientes en el purín.....	4
1.4.1 Nitrógeno en el purín:.....	4
1.4.2 Fosforo en el purín:	5
1.4.3 Potasio en el purín:.....	6
1.5 Manejo de los purines.....	7
1.6 Hipótesis.....	8

1.7 Objetivos.....	8
1.7.1 Objetivo general.....	8
1.7.2 Objetivos específicos.....	8
MÉTODOS	10
2.1 Manejo fisicoquímico de los purines:.....	10
2.2 Identificar los impactos ambientales:	10
2.3 Fuentes de emisión:.....	12
2.4 Propuestas de mejoramiento:	12
2.5 Factibilidad de valorizar los purines:.....	14
RESULTADOS.....	15
3.1 Descripción del plantel de cerdos, caso de estudio.	15
3.2 Descripción del proceso productivo	18
3.3 Manejo de purines.....	22
3.3.1 Tratamiento primario.	23
3.3.2 Tratamiento secundario, sistema de Lombrifiltro.....	27
3.4 Impactos ambientales que se pueden generar en el plantel de cerdos.	30
3.4.1 Contaminación de las aguas.....	31
3.4.2 Contaminación de suelos	32
3.4.3 Emisión de contaminantes al aire. (Contaminación atmosférica)	33
3.4.4 Proliferación de Vectores infecciosos	36
3.4.5 Ruido.....	40

3.4.6 Residuos	40
3.5 Fuentes de emisión de contaminantes	40
3.6 Impactos en el caso de estudio.	43
3.6.1 Impactos detectados por la población (aplicación de la encuesta).	45
3.6.3 Valorización de los impactos.....	50
3.6.4 Propuestas de mejoras para reducir los impactos negativos detectados.	51
3.7 Valorización de los purines	54
3.7.1 Fertilizante.	55
3.7.2 Fuente de alimento para rumiantes.	55
3.7.3 Material generador de energía.....	57
3.7.4 Compostaje.....	58
3.7.5 Propuesta de sistema de valorización que se puede implementar en el plantel de cerdos, caso de estudio.....	58
DISCUSIÓN	60
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
SISTEMA TOHÁ	72

ÍNDICE DE TABLAS O CUADROS

Tabla 1. Composición fisicoquímica de los purines según etapa de producción. Ortiz G., 2012.....	3
Tabla 2. Valoración de impactos ambientales. Criterios usados. Espinoza 2007.....	12
Tabla 3. Análisis fisicoquímico de los guanos. (Fuente: Labser,2014).	24
Tabla 4. Análisis químico de la fracción líquida del purín para los distintos procesos. (Fuente: Laboratorio Labser, 2014).....	29
Tabla 5. Principales fuentes de emisión de gases y olores.	42
Tabla 6. Resultados encuesta, (Elaboración propia)	46
Tabla 7. Valorización de impactos, Plantel de cerdos San José de Apalta.....	50
Tabla 8. Propuestas de mejora. (Elaboración propia).....	52
Tabla 9. Composición de las excretas de cerdo frescas (SAG Manual de buenas prácticas, 2005).....	57
Tabla 10. Algunas cifras importantes. (MINENERGIA,2012)	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del Nitrógeno en el suelo. (Fuente: www.scielo.org.co)	5
Figura 2. Ciclo del Fósforo en el suelo. (Fuente: www.scielo.org.co)	6
Figura 3. Ciclo del Potasio en el suelo. (Fuente: www.madrimasd.org)	7
Figura 4. Zonas de encuesta. (Fuente: Google Earth. Elaboración propia)	11
Figura 5. Ubicación del criadero San José de Apalta. (Fuente: Google Earth).....	16
Figura 7. Sector de hembra preñada. (Fuente: elaboración propia).	19
Figura 8. Sector de maternidades. (Fuente: Elaboración propia)	20
Figura 9. Sector engorda. (Fuente: elaboración propia).	21
Figura 10. Descripción del proceso productivo en el criadero de cerdos san José de Apalta. (Elaboración propia).	22
Figura 11. Tratamiento primario del purín. (Fuente: Elaboración propia).....	25
Figura 12. Tratamiento secundario del purín lagunas N°1 (derecha) y N°2 (izquierda). (Fuente: Elaboración propia).	27
Figura 13. Sistema de lombrifiltro. (Fuente: Elaboración propia).	28
Figura 14. Campos agrícolas, Sociedad Agrícola San José de Apalta. (Fuente: Elaboración propia).	30
Figura 15. Ecuación de la descomposición de la Urea y el equilibrio químico del Ion Amonio y el Amoniaco. (Fuente: Unión Europea, MMA, 2006)	33
Figura 16. Ecuación del proceso de desnitrificación.	34
Figura 17. Mosca Doméstica fase adulta. (Fuente: animalandia.educa.madrid.org)	37
Figura 18. Mosca pequeña fase adulta. (Fuente: animalandia.educa.madrid.org).	38
Figura 19. Guarén o pericote. (Fuente: www.rentokil.cl)	38

Figura 20. Rata negra del tejado. (Fuente: www.rentokil.cl)	39
Figura 21. Laucha. (Fuente: www.rentokil.cl)	40
Figura 22. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2004. (Fuente: Google Earth).....	48
Figura 23. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2010. (Fuente: Google Earth)	48
Figura 24. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2014. (Fuente: Google Earth).....	49
Figura 25. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2019. (Fuente: Google Earth).....	49
Figura 26. Esquema general de una planta de biogás.	59

LISTA DE ABREVIATURAS

m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cubico
g	Gramo
Kg	Kilogramo
Km	Kilometro
DBO	Demanda biológica de oxigeno
DQO	Demanda química de oxigeno
C/N	Relación carbono nitrógeno
CE	Conductividad eléctrica
NPK	Nitrógeno, Fósforo y potasio
DIA	Declaración de impacto ambiental
DS	Decreto supremo
NCh	Norma Chilena
RIL	Residuo Liquido Industrial
SST	Sólidos Suspendidos Total
ASPROCER	Asociación de productores de cerdo
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
KW	Kilowatts
KW/h	Kilowatts por hora

RESUMEN

La industria porcina ha tomado gran importancia, esto gracias a que Chile se ha convertido en una de las principales potencias de Latinoamérica en cuanto a producción y exportación de productos. La región de O'Higgins es la región que cuenta con la mayor cantidad de criaderos de cerdo (79%). Rengo, comuna de esta región cuenta con tres criaderos de cerdo, el criadero San José de Apalta, es el criadero que más reclamos presenta, en cuanto a malos olores, vectores y residuos, este criadero genera anualmente 103.255m^3 de purines. Los purines son residuos generados de la limpieza de las heces y orina del cerdo con agua dentro de las jaulas donde se alojan los cerdos, estos se trasladan fuera de las jaulas, hacia a algún tipo de sistema de separación, para su posterior almacenamiento y/o aplicación. La aplicación más común del purín es como abono, que se incorpora al suelo aprovechando el contenido de nutrientes y de materia orgánica que posee, sin embargo, el problema en su uso indiscriminado se basa en el fuerte impacto ambiental que produce, debido al riesgo de contaminación del suelo, atmosfera y cuerpos de agua cercanos.

El objetivo de este seminario de título es identificar y evaluar los impactos ambientales que generan los purines y elaborar propuestas para el mejoramiento en el manejo de estos residuos, específicamente para el criadero San José de Apalta, para esto se recopilará información en cuanto al manejo de purines, se identificarán cuáles son los principales riesgos ambientales asociados a esta industria, los impactos que genera, identificando los principales focos de emisión de contaminantes y hacia donde se dispersan. Se elaborarán propuestas que permitan el mejoramiento del manejo de los

residuos en este criadero, además de proponer distintas formas de valorizar el purín que es generado.

Los resultados indican que el criadero San José de Apalta realiza un manejo correcto de sus purines, sin embargo, según lo investigado en las poblaciones cercanas a este plantel hay problemas en cuanto a la emisión de olores y proliferación de vectores especialmente en época de verano, esto además se evidencia en la encuesta desarrollada a estas poblaciones. Las mejoras propuestas van dirigidas a la reducción de olores en las fuentes que se generan; además, presentan propuestas para reducir la cantidad de purines que se generan.

Los purines generados pueden ser una buena fuente generadora de energía lo cual permite reducir la emisión de gases a la atmosfera y generar biogás como combustible el que puede ser utilizado en varias partes del proceso productivo. Lo cual da un valor agregado al residuo generado.

ABSTRACT

The pig industry has taken great importance, thanks to the fact that Chile has become one of the main powers in Latin America in terms of production and export of products. The O'Higgins region is the region that has the largest amount of pig farms (79%). Rengo, commune of this region has 3 pig farms, the San José de Apalta farm, is the farm that we claim the most, in terms of bad odors, vectors and waste, this farm generates 103,255m³ of purines annually. The slurries are waste generated from the cleaning of the feces and urine of the pig with water inside the cages where the pigs are housed, these are moved out of the cages, towards some type of separation system, for later storage and / or application. The most common application of the slurry is as fertilizer, which is incorporated into the soil taking advantage of the nutrient content and the organic matter that it possesses, however, the problem in its indiscriminate use is based on the strong environmental impact it produces, due to the risk of contamination of the soil, atmosphere and nearby bodies of water.

The objective of this title seminar is to identify and evaluate the environmental impacts generated by slurry and develop proposals for the improvement in the management of this waste, specifically for the San José de Apalta hatchery, for this information will be collected regarding the management of slurry, the main environmental risks associated with this industry will be identified, the impacts it generates, identifying the main sources of pollutant emission and where they are dispersed. Proposals will be developed that allow the improvement of waste management in this farm, in addition to proposing different ways of valuing the slurry that is generated.

The results indicate that the San José de Apalta hatchery correctly manages its slurry, however, as investigated in populations near this campus there are problems regarding the emission of odors and proliferation of vectors especially in summer time, this is also evidenced in the survey developed to these populations. The proposed improvements are aimed at reducing odors in the sources that are generated; In addition, they present proposals to reduce the amount of slurries that are generated.

The generated slurries can be a good source of energy generation which allows reducing the emission of gases into the atmosphere and generating biogas as fuel which can be used in various parts of the production process. Which gives an added value to the waste generated.

INTRODUCCIÓN

1.1. Industria porcina

En Chile, la industria porcina ha tomado gran importancia a lo largo de estos años, convirtiendo al país en uno de los líderes latinoamericanos en cuanto a producción y exportación de los productos que genera. La carne de cerdo ocupa el tercer lugar entre las carnes más consumidas a nivel nacional, representando el 22% del consumo de carne al año, por persona. Durante el año 2017, la producción de carne de cerdo representó un 35% del total de las carnes producidas, de este, un 59% fue destinado para exportaciones. El principal destino de las exportaciones de carne de cerdo chilena son China, Japón y Corea del sur, representando un 71% del total de las exportaciones (ASPROCER, 2018).

En el país, la concentración de la producción intensiva se encuentra distribuida principalmente en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins con un 84%, la Región Metropolitana y de Valparaíso 8%, existiendo un menor porcentaje de esta distribución en la Región del Bío-Bío, Maule y las regiones de la Araucanía y de los Ríos. El proceso productivo de esta actividad se basa en un sistema de producción intensiva, en donde se obtienen altos rendimientos productivos en el menor tiempo posible. (Reyes y Pizarro, 2019)

1.2. Purines

Los purines son residuos industriales líquidos (RIL) generados al utilizar agua en la limpieza y sanitización de los pabellones de los criaderos de cerdo. Este proceso consiste en hacer una limpieza de las heces y orina ubicadas en las jaulas y corrales de

los pabellones, esta limpieza se realiza generalmente con agua y con esto se arrastran los restos de heces y orina fuera de las naves de alojamiento (generalmente la cantidad de agua utilizada para limpiar un litro de excreta son 18 litros agua), trasladando los purines a algún tipo de sistema de separación primaria para su posterior almacenamiento y/o aplicación. Por lo general, los efluentes son aplicados a campos agrícolas cercanos a los planteles productivos (Alternativas de manejo de purines, ASPROCER, 2018).

1.3 Composición del purín

El purín corresponde a una mezcla de heces, orina y agua de lavado, su composición depende, en gran medida, de la etapa de vida en la que se encuentra el cerdo, la cantidad y tipo de alimento que consume y la cantidad de agua que este consume (Flores, 2012). En general presenta un alto contenido de materia orgánica, nutrientes, iones y otros compuestos; posee una alta humedad (del contenido total de las excretas, la humedad es cercana al 90%), en la Tabla 1 se resume la composición fisicoquímica del purín según la fase en la que se encuentra el cerdo.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de los purines según etapa de producción. Ortiz G., 2012.

Sistema productivo		PCC	Maternidad	Gestación	Destetados	Engorda	Referencias
Parámetro	Unidad	Promedio					
pH		7,46	7,31 ±0,22	n/d	6,45 ±0,21	7,32 ±0,21	1, 2, 5, 6 y 7
CE	mS/cm	16,18 ±1,49	14,57 ±1,54	15,60	13,2	19,85 ±9,51	2, 3, 5 y 6
DBO ₅	g O ₂ /L	14,20	9,00	11,70	25,00	21,60	3
DQO	g O ₂ /L	31,60	24,00	30,80	65,20	41,03±21,74	3 y 7
Nitrógeno		2,51 ±0,11	2,05 ±0,35	2,35	2,30	3,67 ±1,01	2, 3 y 7
Total	Kg/m³						
Kjeldahl							
(NTK)							
Nitrogéno		1,92	1,63 ±0,22	1,92 ±0,13	1,53	2,70 ±0,93	2, 3, 4 y 5
Amoniacal	Kg/m³						
Total							
(NAT)							
Fósforo	Kg/m ³	1,25	1,37	n/d	n/d	1,39	2
Total							
Alcalinida	g	n/d	n/d	n/d	n/d	12,06 ±0,79	6 y 7
d Total	CaCO₃/						
	L						
N-NH ⁴⁺	g/L	n/d	2,30 ±0,14	n/d	2,30 ±0,00	2,69 ±0,98	1 y 6
Sólidos	g/L	n/d	n/d	n/d	n/d	12,49	7
volátiles							
Sólidos	g/L	n/d	n/d	n/d	n/d	22,20	7
Totales							
SO ₄ ⁻²	g/L	n/d	n/d	n/d	2,30	0,40	6

1) Blanes-Vidal et al, (2009); 2) Martínez-Suller, (2008); 3) Moral et al, (2008); 5) Provolo & Martínez-Suller, (2007); 6) Villamar et al, (2011); 7) Massé et al, (2003). PCC: Producción combinada de cerdos, CE: Conductividad eléctrica, DQO: Demanda química de oxígeno, DBO: Demanda biológica de oxígeno, n/d: No determinado.

1.4 Nutrientes en el purín

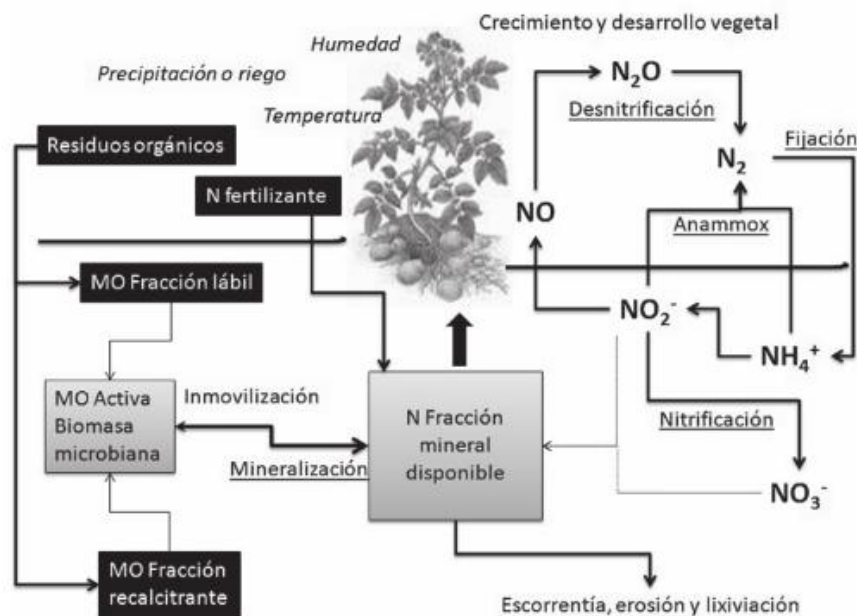
El contenido de nutrientes del purín es muy heterogéneo. Su composición de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) varía principalmente según el estado de vida del animal, el tipo de alimentación, tipo y estado de las instalaciones y el régimen de estabulación.

1.4.1 Nitrógeno en el purín:

El Nitrógeno se encuentra en el purín en forma de Nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) en un 60% aproximadamente y Nitrógeno orgánico en un 40%, el Nitrógeno amoniacal se encuentra inmediatamente disponible para el uso en las plantas, mientras que el Nitrógeno orgánico se convierte en Nitrógeno disponible para las plantas mediante la acción de los microorganismos del suelo. Cabe destacar que el Nitrógeno es un nutriente en el suelo puede estar presente en múltiples formas y puede sufrir numerosas transformaciones, las que permiten convertir el Nitrógeno amoniacal en otros productos fácilmente separables del purín residual.

El principal mecanismo de pérdida del Nitrógeno es asociado al movimiento del agua por medio de lixiviación en forma de Nitrato (NO_3^-) el cual es un ion móvil que se encuentra en la solución suelo. La cantidad de Nitrógeno presente en el suelo dependerá del balance entre la cantidad de Nitrógeno aplicada como fertilizante, fijación biológica, la deposición atmosférica y la extracción de las plantas, puede sufrir procesos de mineralización e inmovilización. La figura 1 muestra el ciclo del Nitrógeno en el suelo.

Figura 1. Ciclo del Nitrógeno en el suelo. (Fuente: www.scielo.org.co)



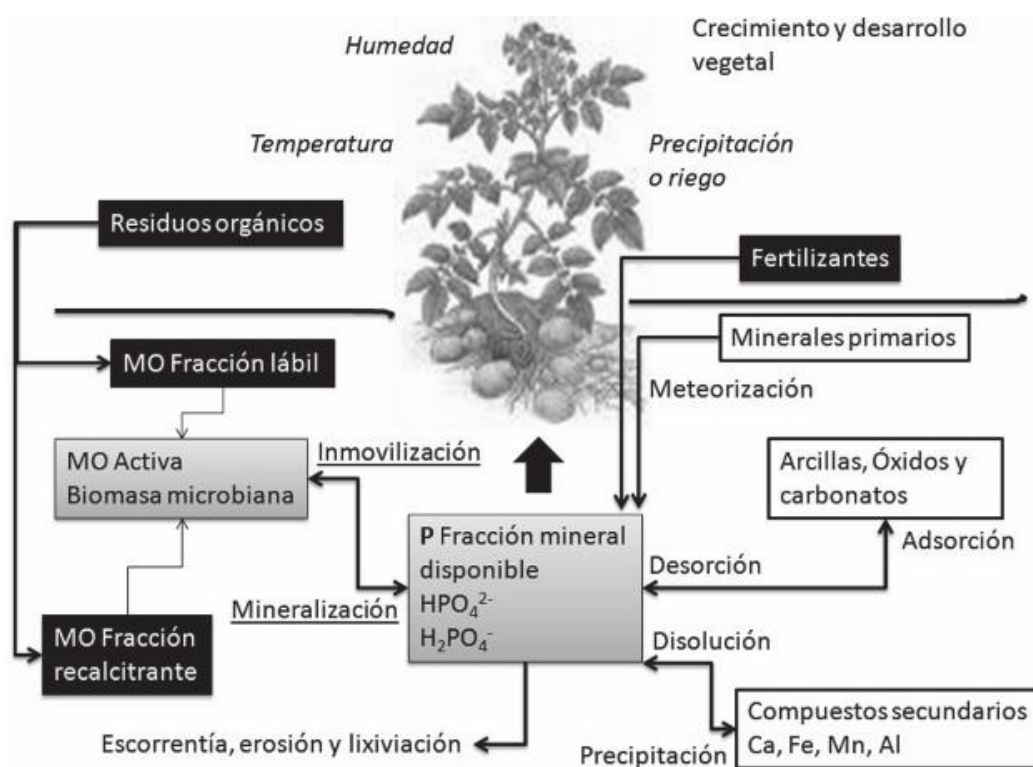
1.4.2 Fosforo en el purín:

El Fosforo presente en el purín proporciona una mayor disponibilidad que el proveniente de fertilizantes, pero gran parte de su valor nutritivo se pierde rápidamente por descomposición y lavado producto de un mal manejo de riego. El Fosforo se presenta en forma de Ion Fosfato, que puede existir en forma orgánica e inorgánica.

Fuente de Fosforo orgánico son las plantas y residuos de biomasa orgánica. Los microorganismos son los que producen la liberación del Fosforo orgánico. El Fosforo liberado reacciona con la fracción mineral del suelo dando productos no solubles, siendo su movilidad tan pequeña como el Fosforo inorgánico (rocas y minerales del suelo). Al igual que el Nitrógeno en exceso causa eutrofización, pero el Fosforo es inmóvil en el perfil del suelo y por ende es casi inexistente su lixiviación, ya que este se une a las arcillas del suelo y a la materia orgánica. La cantidad de Fosforo en solución

es pequeña, la mayoría es removida por asimilación de las plantas, escorrentía y la erosión. La figura 2 muestra el ciclo del Fósforo en el suelo.

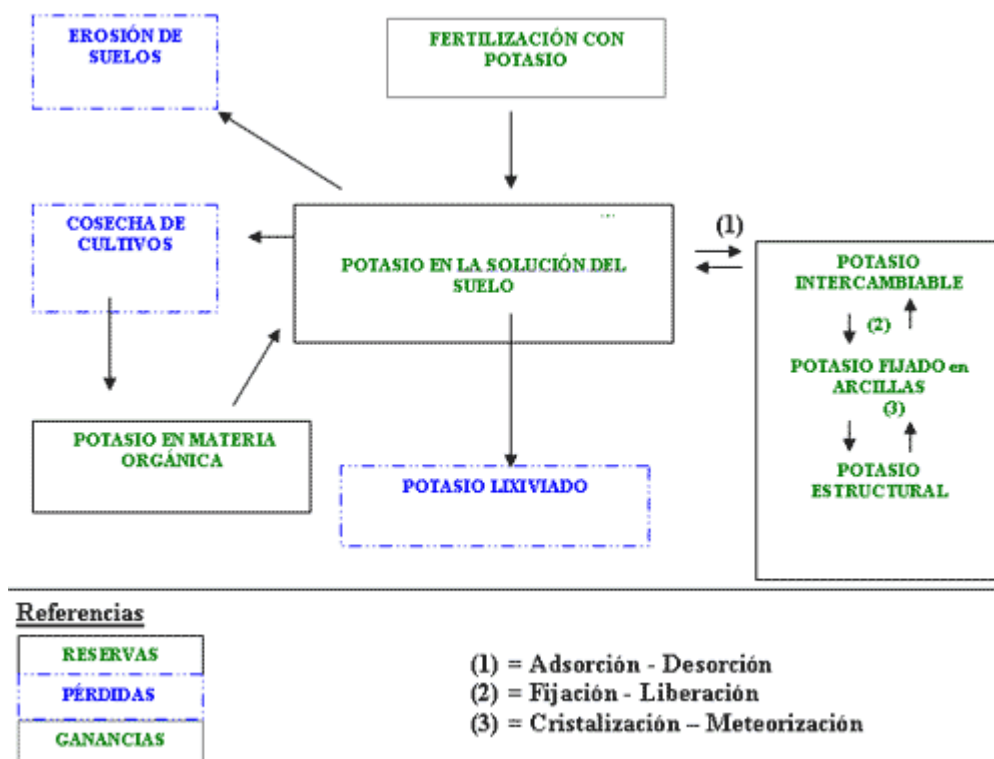
Figura 2. Ciclo del Fósforo en el suelo. (Fuente: www.scielo.org.co)



1.4.3 Potasio en el purín:

El Potasio está contenido casi exclusivamente en la orina del cerdo, se encuentra en forma de sal mineral soluble en agua. El nivel natural de Potasio en el suelo es muy variable y depende del tipo de arcilla que contenga y el porcentaje de esta en la fracción mineral del suelo. El Potasio no suele ser contaminante de aguas o suelo, debido a su capacidad para la fijación y para el intercambio iónico. La figura 3 muestra el ciclo del Potasio en el suelo.

Figura 3. Ciclo del Potasio en el suelo. (Fuente: www.madrimasd.org)



1.5 Manejo de los purines

Tradicionalmente las instalaciones porcinas a gran escala utilizan sistemas de manejo de excretas porcinas mediante arrastre a través de canaletas desde el lugar de origen para luego ser trasladados a algún tipo de sistema de separación primario y secundario para su posterior almacenamiento y/o aplicación. Por lo general, los efluentes generados son aplicados a campos agrícolas cercanos a los planteles productivos, esta práctica es común, inclusive en periodos de superávit hídrico. (ASPROCER, 2018)

En términos agronómicos, la aplicación de purines al suelo incrementa la capacidad del suelo para retener la humedad, además incrementa el contenido de nutrientes, lo cual a su vez permite reducir la aplicación de fertilizantes sintéticos o inorgánicos al suelo

(Flores, 2012). Sin embargo, se deben considerar los riesgos que conlleva la aplicación y la sobre aplicación de purines como fertilizantes al suelo.

Debido a los potenciales impactos ambientales que puede producir esta industria, y debido a las constantes quejas que se han recibido en la Municipalidad de Rengo hacia el criadero de cerdos San José de Apalta, por parte de los habitantes cercanos a las instalaciones, cabe la necesidad de verificar si el criadero San José de Apalta realiza un correcto manejo de los purines generados, y si este genera algún impacto considerable.

1.6 Hipótesis

El manejo de los purines generados en el criadero de cerdos San José de Apalta genera múltiples impactos a la población y al medio ambiente.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Identificar los impactos ambientales que generan los purines y elaborar una propuesta para el mejoramiento del manejo de estos residuos, en el caso de estudio.

1.7.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el manejo fisicoquímico de los purines generados en la industria porcina, específicamente para el criadero San José de Apalta, identificando impactos para la población y el ecosistema que la rodea.
- Evaluar los impactos ambientales que generan los purines.

- Identificar fuentes de emisión de contaminantes hacia el entorno en el manejo de los purines.
- Elaboración de propuestas de mejoramiento en el manejo de los purines generados en la industria porcina del criadero de cerdos San José de Apalta.
- Analizar la factibilidad de valorizar los purines generados por la industria porcina en el criadero San José de Apalta.

MÉTODOS

Para identificar los impactos ambientales que generan los purines y elaborar una propuesta para el mejoramiento de los purines generados, en el caso del criadero San José de Apalta, es necesario caracterizar a este plantel (mencionar la cantidad de cerdos y purines que se generan, procesos que se realizan en el plantel, ubicación, etc.) y describir cómo se manejan los purines, para esto a continuación se describe la metodología utilizada.

2.1 Manejo fisicoquímico de los purines:

Se describió cómo se manejan los purines en el caso de estudio, Criadero San José de Apalta (cantidad de purines, tratamientos primarios y secundarios) y se identificó si el manejo existente es el adecuado para la cantidad de cerdos y purines que se generan en este recinto (revisando la generación de impactos que puede generar este plantel), para esto se consultó en la Declaración de Impacto ambiental datos acerca de la cantidad de cerdos y purines que se generan en el plantel, también acerca del manejo de estos residuos industriales, se verificó en terreno el manejo de los purines.

2.2 Identificar los impactos ambientales:

Para identificar los impactos que se pueden generar en el criadero de cerdos se realizó una visita al recinto de estudio, para ello se consiguieron los permisos necesarios para ingresar al plantel de cerdos.

En la visita a terreno además de identificar los posibles impactos, también se identificaron las fuentes desde donde provienen los contaminantes o que generan impactos.

Se realizó una encuesta a las poblaciones más cercanas a este plantel (1km a la redonda aproximadamente desde donde se emplaza el plantel). Esta encuesta se repartió a las juntas de vecino de cada población, se buscó una población “blanco”, la cual es lo más cercana posible a la instalación, pero que no recibe o percibe los impactos que esta genera. Esta encuesta se encuentra en la normativa chilena NCh 3387 de 2015, Calidad del aire- Evaluación de la molestia por olores- Encuesta. En la Figura 4 se muestran las zonas afectadas (círculos en rojo) y la zona blanco (circulo verde), en la cual no se perciben los impactos que genera el plantel porcino o estos son mínimos. En estas zonas se aplicó la encuesta.

Figura 4. Zonas de encuesta. (Fuente: Google Earth. Elaboración propia)



Se recopilaron datos históricos para apreciar el impacto o impactos que se generaron por la presencia de esta industria. Para esto se recopilaron imágenes satelitales de la ubicación del plantel de cerdos y sus alrededores durante su funcionamiento.

2.3 Fuentes de emisión:

Durante la visita al plantel, se identificaron las fuentes de emisión de contaminantes y los contaminantes que se emiten, se fotografiaron las posibles fuentes de emisión y además se identificó hacia donde se esparcen estos contaminantes (considerando el perfil de vientos de la zona)

2.4 Propuestas de mejoramiento:

Luego de identificar los impactos que se generan o pueden generar en esta industria, tanto a corto como largo plazo, se valorizaron los impactos detectados (tanto positivos como negativos) mediante el uso de la tabla 2 en la cual se resume la forma de valorizar los impactos encontrados. La valorización sirve para medir la importancia del impacto generado en la industria.

Tabla 2. Valoración de impactos ambientales. Criterios usados. Espinoza 2007.

Carácter (positivo, negativo, neutro, considerando a estos últimos como aquellos que se encuentran por debajo de los umbrales de aceptabilidad contenidos en las regulaciones ambientales).

Grado de perturbación en el medio ambiente (clasificado como: importante, regular, escasa).

Importancia desde el punto de vista de los recursos naturales y la calidad ambiental (clasificado como: alto, medio, bajo).

Riesgo de ocurrencia entendido como la probabilidad que los impactos estén presentes

(clasificado como: muy probable, probable, poco probable)

Extensión área o territorio involucrado (clasificado como: regional, local o puntual).

Duración a lo largo del tiempo (clasificado como: “permanente” o duradera toda la vida del proyecto, “medio” o durante la operación del proyecto y “corta” o durante la etapa de construcción del proyecto).

Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales (clasificado como: “reversible” si no requiere ayuda humana, “parcial” si requiere ayuda humana, e “irreversible” si se debe generar una nueva condición ambiental).

CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS

Carácter (C)	Negativo (-1)	Neutro (0)	Positivo (1)
Perturbación (P)	Importante (3)	Regular (2)	Escasa (1)
Importancia (I)	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)
Ocurrencia (O)	Muy Probable (3)	Probable (2)	Poco Probable (1)
Extensión (E)	Regional (3)	Local (2)	Puntual (1)
Duración (D)	Permanente (3)	Media (2)	Corta (1)
Reversibilidad (R)	Irreversible (3)	Parcial (2)	Reversible (1)
Total	18	12	6

VALORACIÓN DE IMPACTOS

$$\text{Impacto Total} = C \times (P + I + O + E + D + R)$$

Negativo (-)

Severo	$\geq (-) 15$
Moderado	$(-) 15 \geq (-) 9$
Compatible	$\leq (-) 9$

Positivo (+)

Alto	$\geq (+) 15$
Mediano	$(+) 15 \geq (+) 9$
Bajo	$\leq (+) 9$

Después de valorizar los impactos se describieron las formas de disminuir la emisión de contaminantes y por consiguiente la reducción de impactos desde las fuentes de emisión ya identificadas.

Se propusieron medidas de mitigación, compensación y/o reparación de impactos, en caso de que estos se produzcan de manera imprevista o las propuestas de mejoramiento no sean suficientes.

2.5 Factibilidad de valorizar los purines:

Se analizó la factibilidad de valorizar los purines generados, buscando alternativas al uso que ya se les da (abono de árboles aledaños al plantel). Para esto se debe conocer todas las formas de valorizar este residuo y se recomendó cuál es la que se adapta de mejor forma al plantel de cerdos estudiados, para reducir la cantidad de purín que es aplicado.

RESULTADOS

3.1 Descripción del plantel de cerdos, caso de estudio.

El criadero de cerdos San José de Apalta de la Sociedad Agrícola San Ramón Ltda., se encuentra ubicado en el sector de Apalta, que se encuentra en el camino que une Rosario con Quinta de Tilcoco, comuna de Rengo, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Este criadero inició su operación en el año 1982 con una población de 6.610 cerdos distribuidos en 8 pabellones. El área de operación cuenta con aproximadamente 216,82 hectáreas, de las cuales 4,4 hectáreas corresponden a instalaciones del plantel de cerdos y 212,42 hectáreas corresponden al área de riego (DIA plantel de cerdos, 2014). La operación del plantel porcino en la actualidad cuenta con 15 pabellones en funcionamiento y un stock promedio de 16.541 cerdos en sus diferentes estados fisiológicos y de producción tales como verracos, chanchillas, monta, gestación, maternidad, recría y engorda (ANAM, 2014). Según el Plan Regulador Comunal de Rengo, el plantel de cerdos se encuentra emplazado fuera de toda área urbana, mientras que según el Plan Intercomunal del Rio Claro, este proyecto se emplaza en la zona rural de uso preferencial Agropecuario (ZP1-B). La Figura 5 muestra la ubicación del plantel de cerdos San José de Apalta, además muestra la ubicación de las poblaciones que se encuentran más cerca de este plantel, en esta figura se puede evidenciar la presencia de una escuela en las cercanías (a 850metros) a este plantel.

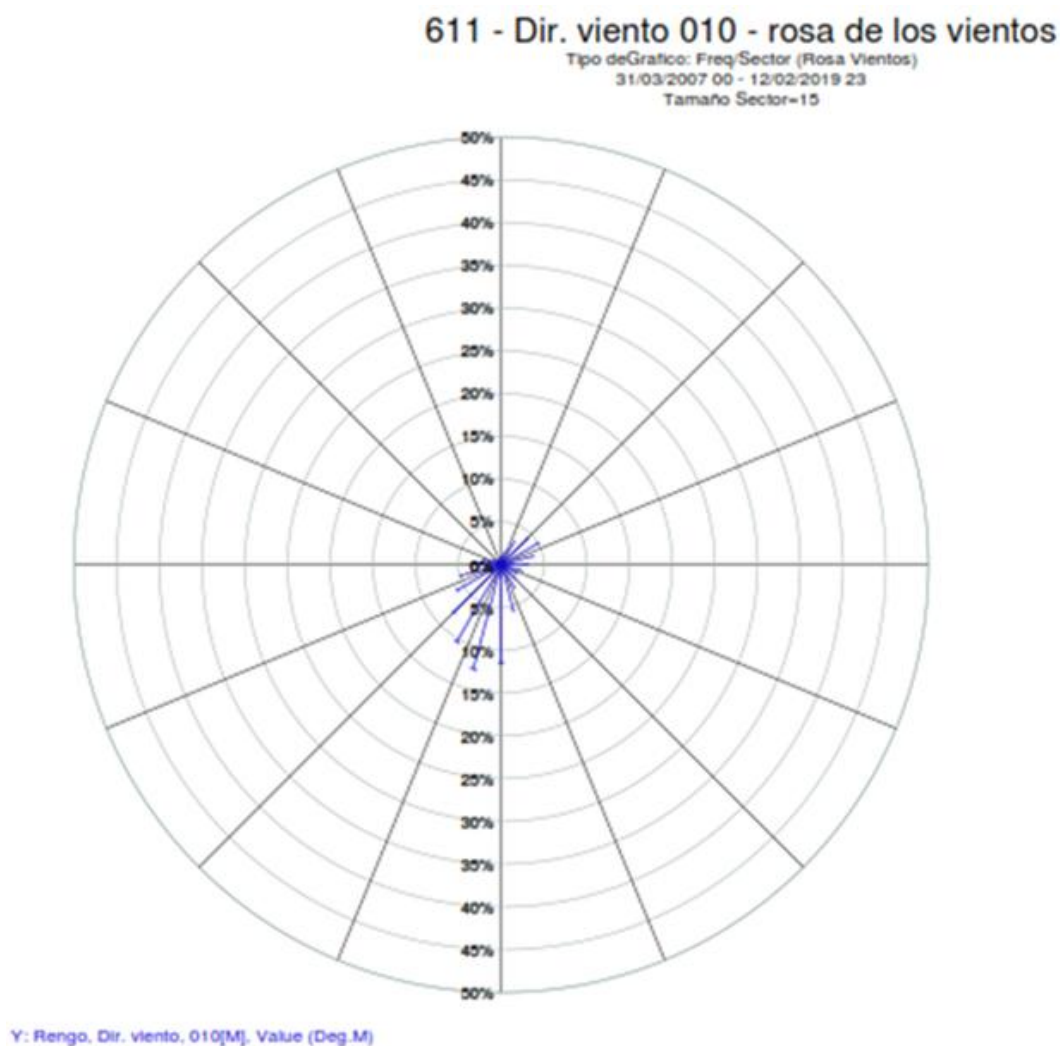
Figura 5. Ubicación del criadero San José de Apalta. (Fuente: Google Earth).



Cabe destacar que el tipo de suelo en el que se encuentra el plantel de cerdos es de la serie Cachapoal la que pertenece a la familia franca gruesa sobre arenosa esquel, mixta, térmica de los TypicXerochrepts (Inceptisol) (Monasterio, 2015). Son suelos de origen aluvial, ligeramente profundos, de topografía plana, con o sin micro relieve, dentro del abanico aluvial asociado al río Cachapoal. De color prado grisáceo muy oscuro a pardo oscuro en matices 10 YR o 7.5 YR, de textura franco arcillo limosa a franco limosa, que en profundidad se hace algo más liviano y luego similar a la superficie. Descansa sobre un sustrato constituido por gravas con matriz arenosa, los materiales están sueltos. El drenaje del suelo es bueno, la permeabilidad es rápida y escurrimiento superficial es lento.

Según la rosa de los vientos, el viento tiende a desplazarse en dirección Nororiente, lo que haría que los malos olores asociados a la fuente en estudio se muevan en esa dirección la mayor parte del tiempo; analizando los mapas satelitales en esa dirección no hay poblaciones o casas cercanas al plantel hasta una distancia de 2400 metros aproximadamente ya que todo al norte y al poniente de la planta se encuentra rodeada por prados y cultivos de distintos tipos que pertenecen a los mismos dueños del plantel San José u otros propietarios.

Figura 6. Rosa de los vientos, Rengo 2019. (Fuente: Sinca, 2019)



3.2 Descripción del proceso productivo

El plantel de cerdos cuenta con un sistema de cría intensiva de ganado porcino, cual incluye la gestión y el manejo de las diferentes fases de producción. La crianza convencional estabulada confinada, consiste en mantener a los animales en pabellones sobre piso falso, los cuales son lavados diariamente. De un colectivo de hembras reproductoras se obtienen lechones que son criados y cebados hasta alcanzar el peso de sacrificio (100 Kg), este plantel cuenta con alojamientos e instalaciones específicas adaptadas a los requerimientos de cada tipo de animal (según la fase fisiológica y productiva en la que se encuentra), la cadena del proceso productivo consta de las etapas que se describen a continuación:

Sector monta: en este sector se encuentran las hembras antiguas y chachillas (hembras nuevas o más jóvenes), en donde permanecen hasta ser preñadas por los machos o mediante inseminación artificial, en este sector también se encuentran los machos reproductores.

Sector hembra preñada: este sector del plantel corresponde a la sala de gestación en donde se encuentran las hembras preñadas, permanecen en este sector alrededor de 114 días en corrales individuales. La figura 7 muestra el sector en donde se encuentran las hembras preñadas en el criadero de cerdos San José de Apalta.

Figura 6. Sector de hembra preñada. (Fuente: elaboración propia).



Sector maternidades: las hembras son trasladadas a este sector días antes del parto y permanecen ahí hasta el destete de los cerdos nacidos, luego son trasladadas nuevamente al sector de monta. En la figura 8 se muestra una fotografía del sector de maternidades tomada en noviembre de 2018, durante la visita al plantel de cerdos.

Figura 7. Sector de maternidades. (Fuente: Elaboración propia)



Sector cría: los cerditos destetados son ingresados a jaulas de crías de piso elevado estas jaulas están temperadas.

Sector recria: a los 45 días de vida son trasladados a jaulas en piso, el día 60 alcanzan un peso entre 25 a 30 Kg y son trasladados al sector de engorda.

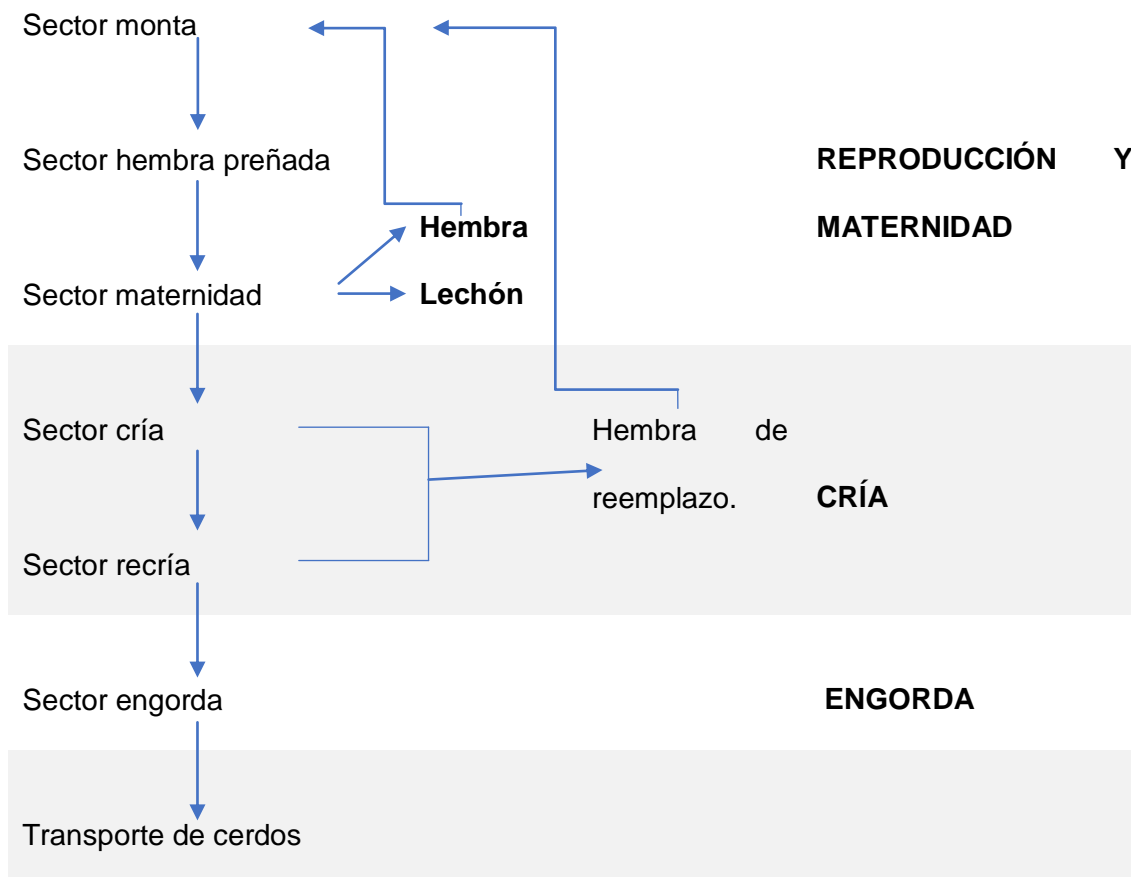
Sector engorda: en este sector se mantienen los cerdos durante los 90 días siguientes los cerdos alcanzan un peso entre 95 y 100 Kg. Al alcanzar este peso los cerdos son trasladados al matadero, para la elaboración de los productos de esta industria. La figura 9 muestra el sector de engorda, en ella se pueden apreciar los corrales en los que se mantiene a los cerdos durante el proceso de engorda.

Figura 8. Sector engorda. (Fuente: elaboración propia).



A su vez, la figura 10 describe de manera resumida el proceso productivo que se le da a los cerdos en el criadero San José de Apalta, este proceso termina en el sector de engorda, ya que luego los cerdos son trasladados hasta otro recinto para continuar con el proceso productivo de carne de cerdo.

Figura 9. Descripción del proceso productivo en el criadero de cerdos san José de Apalta. (Elaboración propia).



3.3 Manejo de purines

Los pabellones lavados diariamente generan residuos los cuales corresponden a una suspensión acuosa denominada purín, este contiene las excretas animales, líquidas y sólidas, además del agua que se utiliza para el lavado de los pabellones. Este plantel cuenta con un sistema de tratamiento convencional de purines porcinos y además cuenta con un sistema de tratamiento tipo Lombrifiltro. A continuación, se describe el sistema de manejo de purines generados en este plantel de cerdos y su sistema de lombrifiltros.

Los purines generados en el plantel de cerdos corresponden a $262 \text{ m}^3/\text{día}$ con una jornada de operación de 8 horas diarias y pasan a un sistema de tratamiento primario de separación de la materia sólida, consistente en tamices y un sistema decantador, para luego pasar a un sistema de tratamiento secundario en el cual la fracción líquida de los purines es impulsada a dos lagunas, donde es acumulada. Finalmente se disminuye la carga orgánica mediante un tratamiento biológico consistente en un lombrifiltro (tratamiento secundario; AQUOLOGY, 2015). Luego este residuo pasa por un proceso de cloración para luego ser utilizado como agua de riego en los campos agrícolas aledaños al plantel.

3.3.1 Tratamiento primario.

- a. Sistema de ecualización y homogenización: Los purines producidos ($262\text{m}^3/\text{día}$) son conducidos a través de canales de hormigón que llegan a un pozo homogeneizador de $66,70\text{m}^3$. Este cuenta con un sistema de agitación para que el purín generado sea succionado por bombas y posteriormente ser llevado al sistema de prensado. Este es un proceso físico y no se incorpora ningún elemento químico.
- b. Sistema de desbaste y prensado: el purín llega desde el sistema de homogenización al sistema de desbaste y prensado, el que consiste en dos prensas tornillo sinfín y una criba parabólica, elementos que realizan la separación sólido-líquido. En este punto se produce parte importante de la separación física entre la fracción sólida (guano) y líquida del purín.

La fracción sólida que sale de la prensa se genera a una tasa de $6\text{m}^3/\text{día}$ de guano acumulándose en un carro de arrastre encarpado, para luego ser distribuida sobre terrenos cultivados con frutales. La fracción líquida restante de

256m³/día pasa a los pozos de decantación. La tabla 3 muestra un análisis fisicoquímico realizado por Labser el año 2014 de la fracción sólida que se genera en la prensa, esta se encuentra en el DIA presentado por el plantel porcino el mismo año.

Tabla 3. Análisis fisicoquímico de los guanos. (Fuente: Labser,2014).

Elemento	Medida	Sector Homogenizador
Nitrógeno	%	1,18
Potasio	%	0,37
Fósforo	%	0,18
Materia Orgánica		95,64
pH		6,47
CE	ds/m	1,49
Humedad	%	68,67
Densidad	Kg/m ³	450
Carbono orgánico total		53,13
C/N		40,03

- c. Sistema de decantación: La fracción líquida del purín sigue el proceso de tratamiento con un caudal de 256m³/día, a un sistema de decantación compuesto por cuatro pozos decantadores de hormigón conectados en serie, con una pendiente de 3%. Los sólidos decantados se retiran mensualmente a través de bombas centrifugas sumergibles; estos vuelven al sistema de separación primario y la fracción líquida sigue por una cañería subterránea de

PVC hacia la laguna N°1 y N°2 para continuar con el tratamiento secundario, esta sale del pozo N°3 mediante la acción de una bomba centrífuga, que bombea el sobrenadante del pozo decantador.

La figura 11 muestra parte del tratamiento primario que se da al purín en el criadero de cerdos San José de Apalta (esta imagen fue tomada durante la visita a este establecimiento).

Figura 10. Tratamiento primario del purín. (Fuente: Elaboración propia).



d. Tratamiento secundario.

- Laguna N°1 de acumulación de fracción líquida de purín: El caudal impulsado de los pozos de decantación es acumulado en la laguna N°1, esta laguna con talud tiene una capacidad máxima de 16.416m^3 y consta de una geomembrana que impide la infiltración de purines a la napa subterránea. La laguna cuenta con equipo de aireación con el fin de evitar reacciones anaeróbicas y estabilizar parte de la materia orgánica.
- Laguna N°2 de acumulación de fracción líquida de purín: luego de la laguna N°1 existe una segunda laguna con capacidad de 25.793m^3 , la cual cuenta con las mismas condiciones que la laguna N°1.

De estas lagunas se recogen lodos derivados del tratamiento que se le da al residuo, estos son retirados de manera anual y comprenden la cantidad de $293\text{m}^3/\text{año}$, el retiro de este residuo se da por parte de la empresa autorizada Rio Negro. La figura 12 muestra el tratamiento secundario que se le da al purín en las lagunas N°1 y N°2 del criadero de cerdos san José de Apalta, esta imagen fue tomada durante la visita a este establecimiento.

Figura 11. Tratamiento secundario del purín lagunas N°1 (derecha) y N°2 (izquierda).
(Fuente: Elaboración propia).



3.3.2 Tratamiento secundario, sistema de Lombrifiltro.

Los efluentes provenientes de las lagunas de acumulación N°1 y N°2 se descargan, a modo de riego, en un biofiltro basado en el *sistema Tohá* (este sistema se explica en el anexo 1), la superficie del lombrifiltro corresponde a 1.104m². Este sistema presenta una tecnología que busca transformar los desechos orgánicos en humus y dejar el agua tratada apta para su disposición en suelos ya que permite bajar los niveles de DBO₅, SST y NPK cerca de un 80%.

La utilización agronómica del humus, además de mejorar la estructura del suelo, aumenta el contenido de materia orgánica e incorpora nutrientes para las plantas. También aporta y facilita el desarrollo de bacterias que son indispensables para que algunos elementos minerales del suelo puedan ser aprovechados por los cultivos. Este

sistema comprende la habilitación de lechos compuestos por materiales orgánicos (virutas), para el desarrollo de lombrices. La figura 13 muestra el tratamiento secundario que se le da a los purines tratados para bajar su carga orgánica mediante el sistema de lombrifiltro instalado en el criadero.

Figura 12. Sistema de lombrifiltro. (Fuente: Elaboración propia).



La tabla 4 muestra un análisis fisicoquímico del purín durante los distintos procesos que este pasa, se puede apreciar que pasado el proceso de lombrifiltro, el residuo presenta una baja considerable en el DBO_5 y DQO. Por ende, muestra la efectividad del tratamiento dado a los purines.

Tabla 4. Análisis químico de la fracción líquida del purín para los distintos procesos.
(Fuente: Laboratorio Labser e Hidrolab, 2014).

Muestra	Parámetro			
	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	DQO ₅ (mg O ₂ /L)	Fósforo Total mg/L	Potasio mg/L
Homogenizador	2787	3799	26,40	925,5
Pozo 3	7909	9365	64,90	1111,2
Laguna de acumulación	1858	-	14,90	942,5
Lombrifiltro (Labser)	65,7	68	51,23	1130
Lombrifiltro (Hidrolab)	31	765	7	-

Finalmente, el efluente tratado pasa por un sistema de desinfección, mediante un proceso de cloración (lo cual cumple con la normativa chilena NCh 1333 del 78 y su modificación del año 87) y es dispuesto como riego en las 212,42 Ha existentes de la Sociedad Agrícola San Ramón, este riego solo se realiza durante los meses de septiembre a abril, los meses restantes los residuos son llevados y acumulados en las lagunas N°1 y N°2 de acumulación. La Figura 14 muestra el comienzo de los campos agrícolas en donde se dispone el efluente tratado.

Figura 13. Campos agrícolas, Sociedad Agrícola San José de Apalta. (Fuente: Elaboración propia).



3.4 Impactos ambientales que se pueden generar en el plantel de cerdos.

En los planteles de crianza de cerdos es posible la generación de varios efectos sobre el medioambiente, estos efectos se producen debido a que los purines de cerdo generados presentan un alto contenido de materia orgánica, un alto contenido de macro y micronutrientes, se pueden generar fácilmente compuestos volatilizables, además estos residuos pueden presentar un alto contenido de metales pesados, pesticidas y medicamentos, aunque estos últimos en pequeñas cantidades. Los

principales impactos ambientales que se generan en los planteles de cerdo se describen a continuación.

3.4.1 Contaminación de las aguas

La aplicación de efluentes en exceso sobre el suelo puede significar la acumulación de sustancias transmisibles hacia aguas subterráneas o superficiales. De los parámetros representativos de la calidad del agua, el más trascendente es el Nitrato, que debido a su gran movilidad posee un mayor riesgo de contaminación de aguas subterráneas. La utilización del nitrógeno contenido en los efluentes por parte de las plantas depende de la forma en que esté disponible, del momento y la calidad de la aplicación, y del tipo de cultivo. El excedente de nitrato no aprovechado por las plantas es lixiviado a través del perfil del suelo, ya que es altamente soluble en agua y se mueve fácilmente por el perfil del suelo. De esta forma, el exceso de Nitrato por encima de las necesidades de los cultivos se convierte en un posible contaminante de las aguas subterráneas.

En las aguas superficiales se pueden generar problemas de acidificación y eutrofización debido los altos índices de Nitrógeno. Esta se puede generar debido a la descarga de residuos a las aguas superficiales cercanas, también se puede producir por incidentes en el sistema de almacenamiento del purín por desbordamiento o fuga. Se debe tener en cuenta que los contaminantes se pueden aportar al agua superficial por vía aérea, en este proceso de potencial contaminación de las aguas las condiciones meteorológicas y ambientales juegan un papel importante a la hora de valorar la dispersión de contaminantes gaseosos desde las fuentes de emisión y su deposición en medios cercanos o lejanos, pudiendo convertirse en fuentes difusas de contaminación.

3.4.2 Contaminación de suelos

Es común el uso de los residuos generados en los planteles de cerdo como riego para plantaciones aledañas a estas. La aplicación excesiva de estos efluentes, además de generar malos olores y un ambiente propicio para la proliferación de moscas, puede tener efectos nocivos sobre la calidad de los suelos, debido a la influencia de componentes como: materia orgánica, Nitrógeno, Potasio, Cobre, Zinc y el grado de acidez. También es posible la contaminación con microorganismos patógenos, pero este efecto se considera transitorio debido a la corta sobrevivencia de estos en el suelo.

El contenido de metales pesados en el purín está directamente relacionado con la composición del pienso (alimento) consumido por los animales, ya estos se utilizan como complemento mineral, es importante mencionar que estos metales tienen escasa asimilación en los animales y por esto aparecen en las excretas. (López, 2012) Los metales como el Cobre y el Zinc pueden actuar como micronutrientes en función de la concentración en la que se presenten, en algunos casos se pueden encontrar cantidades traza de Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio. La concentración de estos varía según el tipo de alimento que consume el animal y su análisis se realiza en la fracción seca que sale del purín luego de su tratamiento primario.

Otro posible efecto del riego con efluentes es la salinización del suelo, debido a la alta carga de sales solubles que contiene el purín y cuyo lavado posterior, por agua de riego, se estima insuficiente e improbable. La salinización puede traer consecuencias graves, ya que cuando su concentración es alta, impide que las plantas puedan tener una nutrición normal llegando a veces a niveles tóxicos para los cultivos.

3.4.3 Emisión de contaminantes al aire. (Contaminación atmosférica)

La mayoría de los gases producidos en los planteles de crianza de cerdos se generan como consecuencia de procesos naturales, tales como el metabolismo animal y la degradación de los purines, su emisión depende de diferentes factores asociados al diseño y mantenimiento de las instalaciones y la gestión que se realiza durante los procesos asociados a esta industria.

3.4.3.1 Amoniac

El Amoniac procede de la descomposición de la urea que contiene la orina, esta descomposición se produce al ponerse en contacto la orina con las heces donde existen microorganismos que generan la enzima ureasa. En la figura 15 se muestra la ecuación de la descomposición de la Urea.

Figura 14. Ecuación de la descomposición de la Urea y el equilibrio químico del Ion Amonio y el Amoniac. (Fuente: Unión Europea, MMA, 2006)



Mas de la mitad del Nitrógeno contenido en el purín es de tipo Amónico. El Ion Amonio está en equilibrio químico con el Amoniac (ver figura 14), este al ser un gas puede emitirse fácilmente a la atmósfera mediante volatilización. Este permanece un tiempo relativamente corto en la atmósfera (entre 3 y 7 días) según las condiciones climáticas.

El Amoniaco puede dañar el hábitat sensible a niveles altos de Nitrógeno y puede provocar acidificación y eutrofización.

3.4.3.2 Metano

Este gas de efecto invernadero se origina como consecuencia de los procesos anaeróbicos que ocurren en el tracto digestivo del cerdo y también durante el almacenamiento de los purines. La cantidad de Metano que se produzca dentro del animal depende principalmente de las características de la dieta del animal, especialmente del contenido de fibra que este contenga.

3.4.3.3 Óxido nitroso

Este es un gas de efecto invernadero y se produce como parte del proceso de desnitrificación, este fenómeno ocurre de forma natural en el suelo en condiciones de falta de oxígeno por la acción de microorganismos anaerobios que transforman los nitratos a formas reducidas de nitrógeno que se eliminan a la atmosfera por su carácter volátil. Este fenómeno no solo afecta al Nitrógeno nativo presente en el suelo, sino que también se ve incrementado como consecuencia de la aplicación de compuestos como fertilizantes nitrogenados al suelo. La figura 16 muestra la ecuación del proceso de desnitrificación.

Figura 15. Ecuación del proceso de desnitrificación.



3.4.3.4 Dióxido de carbono

Es el tercer gas de efecto invernadero originado en los planteles de cerdo, se produce a través de procesos anaerobios de degradación de compuestos orgánicos. También se genera en los tubos de escape de los camiones que se usan para el transporte de animales y calefacción de los pabellones de crianza.

3.4.3.5 Olores

Los gases producidos durante la descomposición de la materia orgánica son resultado de la fermentación bacteriana que puede ser aeróbica o anaeróbica, según la presencia o ausencia de Oxígeno.

Los residuos de cerdos comienzan a descomponerse inmediatamente después de haber sido excretados. La descomposición microbiana puede generar compuestos volátiles que al alcanzar determinadas concentraciones pueden ser tóxicos. La fermentación se produce por medio de las bacterias aeróbicas en capas profundas, esto hace que se eleve la temperatura de forma moderada. Los principales gases generados son Dióxido de carbono y Amoníaco, acompañado de gases reducidos como el Monóxido de carbono el Metano y el Sulfuro de hidrogeno, este último es el principal responsable de los malos olores (olor a huevo podrido). El Monóxido de carbono y el Metano son los de menor olor, pero estos pueden ser letales en altas concentraciones. También existen en pequeñas concentraciones otros Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) que incrementan la emisión de olores.

3.4.3.6 Material particulado

El Material Particulado emitido contribuye al transporte de olores en áreas con alta densidad de producción de cerdos, las nubes de polvo producidas pueden potencialmente transmitir enfermedades, las cuales pueden afectar las vías respiratorias de los animales y los operarios dentro de las instalaciones.

3.4.4 Proliferación de Vectores infecciosos

Los olores generados por la biodegradación de la materia orgánica, contenida en los purines de cerdo, atraen organismos que pueden servir de transporte de enfermedades (organismos vectores).

3.4.4.1 Insectos

- Mosca doméstica.

Es el insecto que se presenta de manera más frecuente en los planteles de cerdo, este díptero tiene la capacidad de degradar la materia orgánica, desde donde obtiene energía. Al posarse y alimentarse de excretas, desperdicios y otros materiales, la mosca puede retener en sus patas, cuerpo y canal alimenticio organismos patógenos, los cuales puede transferir a nuevos huéspedes lo cual aumenta la incidencia de enfermedades como la mastitis, salmonelosis, cólera, diarreas, etc. Puede transportar huevos y cistes de varios nemátodos, en especial ascáridos y platelmintos.

Este vector es uno de los organismos mejor adaptados al utilizar como substrato las excretas de los animales y materiales en descomposición. La hembra de la mosca puede oviponer en pequeños espacios de las excretas más o menos 60 huevos y por

cada kilo de excreta se generan aproximadamente 4000 moscas. La figura 17 muestra una imagen de la Mosca Doméstica en fase adulta.

Figura 16. Mosca Doméstica fase adulta. (Fuente: animalandia.educa.madrid.org)



- Mosca domestica pequeña (*Fannia canicularis* L.)

En los planteles de cerdo se puede detectar la presencia de otro tipo de mosca (en menor medida que la mosca doméstica), la Mosca pequeña, esta se diferencia de la Mosca Doméstica al tener un menor tamaño y su color pardo. Estas moscas pueden transferir ciertas bacterias incluyendo *staphilococcus aureus* y *Escherichia coli*, también se ha detectado su capacidad de transportar protozoarios parásitos, nemátodos y Tenias. La figura 18 muestra una imagen de la Mosca pequeña en su fase adulta.

Figura 17. Mosca pequeña fase adulta. (Fuente: animalandia.educa.madrid.org).



3.4.4.2 Roedores.

- Guarén (*Rattus norvegicus*)

La rata gris o de la alcantarilla es con frecuencia huésped o vector de parásitos que transmiten serias e importantes enfermedades al hombre y a los animales domésticos. Su apariencia es larga y robusta puede pesar hasta 500g en su etapa adulta. Su periodo de gestación dura 22 días, puede tener hasta 12 crías por parto. Vive en promedio 1 año. En la figura 19 se muestra una imagen del guaren o rata gris.

Figura 18. Guarén o pericote. (Fuente: www.rentokil.cl)



- Rata negra del tejado (*Rattus rattus*)

Tiene una apariencia general suave y menos robusta, puede pesar hasta 250g en su fase adulta, su piel va de gris a negro con su vientre blanco y liso. La gestación dura 22 días y puede tener hasta 8 crías. Vive aproximadamente 1 año. La figura 20 muestra una imagen de la rata negra o del tejado en su fase adulta.

Figura 19. Rata negra del tejado. (Fuente: www.rentokil.cl)



- Laucha (*Mus musculus*)

Es el mamífero más difundido en la tierra. Debido a su tamaño pequeño necesita poco alimento y por su gran adaptabilidad es capaz de sobrevivir en ambientes muy difíciles, puede llegar a 30g en su etapa adulta, su piel es de color café claro a gris claro. Su periodo de gestación dura 19 días, puede tener hasta 7 crías y su periodo de vida es de 1 año. La figura 21 muestra una imagen de este roedor.

Figura 20. Laucha. (Fuente: www.rentokil.cl)



3.4.5 Ruido

Es un problema de carácter local y afecta a los pobladores cercanos a las instalaciones. Estos se pueden generar por la ventilación de pabellones, los animales, motores presentes en el proceso y vehículos de transporte.

3.4.6 Residuos

Cadáveres de animales y otros residuos asociados al proceso productivo (envases vacíos de medicamentos, plásticos y residuos sólidos).

3.5 Fuentes de emisión de contaminantes

La actividad porcina posee muchas fuentes que contribuyen a la generación de gases y olores, las principales fuentes generadoras de olores y gases que se pueden identificar en los planteles de porcinos son:

- Los corrales de los animales: en este lugar el olor es generado por los cerdos y la acumulación de purines por periodos distintos de tiempo de acuerdo con el sistema de extracción.

La acumulación de Material Particulado impregnado con alimento, orina y excretas puede ser transportado por el viento incrementando la dispersión del olor. De esta forma, resulta indispensable el estricto aseo y limpieza de los pabellones y que estos cuenten con sistemas adecuados de ventilación.

- El alimento y la mortalidad en descomposición que no se manejan adecuadamente.
- Los tanques de almacenamiento y tanques de sedimentación que son evacuados en intervalos mayores a 3 días.
- Las lagunas anaeróbicas, especialmente cuando poseen una alta carga orgánica.
- Área de disposición de residuos: El purín aplicado al suelo de cultivo mediante equipos de riego. El guano también puede generar olores cuando se aplica al suelo de cultivo y no es incorporado.
- El control del acopio de residuos al interior de los planteles, el transporte del purín hasta los medios separadores (filtro y prensa), los sistemas de resuspensión de sólidos (estanques) y la aplicación del residuo, particularmente los efluentes, son los principales puntos de control con incidencia significativa en la producción de olores.
- Transporte de animales: Las fuentes corresponden a los camiones de transporte de lechones, cerdos a faenación y cerdos muertos, el paso de estos camiones deja momentáneamente olores expelidos por los porcinos. El transporte de cerdos adultos genera más olor que los lechones, ya que estos

viajan en camiones cerrados al igual que los cerdos muertos, sin embargo, al presentar fallas en su hermetismo emiten olores putrefactos.

En la tabla 5 se resumen las principales fuentes de emisión de gases y olores que se dan en los planteles de porcino.

Tabla 5. Principales fuentes de emisión de gases y olores.

EMISIONES AL AIRE	PRINCIPAL PUNTO DE PRODUCCIÓN
Amoniaco	Alojamiento de animales, almacenamiento y aplicación de purines en los campos de cultivo.
Metano	Alojamiento de animales, almacenamiento y tratamiento del purín.
Óxido nitroso	Almacenamiento y aplicación de purines en los campos de cultivo.
Dióxido de carbono	Alojamiento de animales, energía usada como calefacción y transporte de animales.
Material particulado	Preparación y almacenamiento de piensos, alojamientos animales almacenamiento y aplicación de los purines.
Olores	Alojamiento de animales, almacenamiento y aplicación del purín al campo, transporte de animales.

3.6 Impactos en el caso de estudio.

Durante la visita a la instalación (criadero de cerdos San José de Apalta) se pudo apreciar que el tipo contaminación que más se genera y por ende la que posee un mayor impacto es la emisión de gases y olores, esto se pudo evidenciar en los corrales donde se encuentran los cerdos y durante los procesos descarga y tratamiento del purín, si bien durante el tratamiento de purines se cuenta con sistemas que disminuyen los olores, como filtros de carbón activado en el pozo homogenizador y los pozos decantadores y sistemas de aireación en las lagunas de acumulación, estos se hacen insuficientes a la hora de estar en el lugar. También se puede evidenciar la presencia de olores en las cercanías al plantel especialmente si el tránsito es a pie.

En cuanto a la proliferación de vectores infecciosos se pudo apreciar la presencia de moscas dentro de las instalaciones, no se vieron roedores durante la visita, pero la presencia de estos no se puede descartar debido a que en varios sectores se encontraron restos de comida, los cuales pueden atraer a estos vectores.

La generación de impactos en el agua de tipo superficial es mínima, ya que no existen cuerpos de agua superficial cercanos al plantel, solo existe un canal de riego artificial llamado Canal Apalta, este se encuentra a más de 15 metros de distancia de los surcos de riego. El único modo de que se generen impactos en este cuerpo de agua es por el transporte y deposición de contaminantes por medio del aire, por lo tanto, la generación de impactos a este medio no es significativo.

El riesgo de contaminación y generación de impactos en el agua de tipo subterránea no son significativos. Según antecedentes de la DIA, la profundidad del acuífero

subterráneo está en torno a los 25 - 30 metros de profundidad, de modo tal que ninguna construcción se encuentra a más de 20 metros de profundidad en su nivel más bajo. Asimismo, según el balance hídrico presentado en la DIA, la aplicación de purines es retirada del suelo por los árboles frutales plantados y por procesos naturales como la evapotranspiración y mineralización por lo que se descarta la ocurrencia de lixiviación en niveles relevantes. Cabe destacar que el agua que se usa en este plantel porcino proviene desde este acuífero, y se realizan análisis de calidad de agua cada 6 meses.

En cuanto a contaminación del suelo en donde se incorporan los purines, en la DIA se demuestra a través de los balances Hídrico y de Nitrógeno que no existe impacto significativo en el componente suelo y que, por el contrario, la aplicación de purines permite la reducción del uso de fertilizantes químicos en las plantaciones. El efecto de la adición de estos elementos a través de la aplicación de purines es beneficioso toda vez que permiten mejorar las condiciones físicas del terreno y sustituir en gran medida la adición de fertilizantes químicos a las plantaciones. Dado lo anterior, se descarta la generación de impactos significativos en esta componente.

El plantel de cerdos no genera efectos adversos por emisiones de ruido, debido a sus características. El proyecto se desarrolla en la precordillera sin la presencia de fauna que puedan ser afectado, por otra parte, las emisiones de ruido son mínimas y acotadas a un periodo de tiempo determinado, según lo que la ley lo establece (DS 38 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente).

Los residuos sólidos domiciliarios son retirados 2 veces por semana por el camión recolector municipal el cual los lleva a un relleno sanitario, los residuos médicos y otras componentes de ese tipo son retirados mensualmente por la otra empresa responsable de extraer estos residuos.

En cuanto los cerdos muertos, estos son recolectados diariamente, trasladados y dispuestos en un foso de acopio de cerdos muertos, posteriormente se les aplica cal en la superficie para evitar la emanación de olores al medio, previniendo así la aparición de vectores, además con esto se promueve la degradación de la materia orgánica.

3.6.1 Impactos detectados por la población (aplicación de la encuesta).

En cuanto la encuesta oral que se realizó a 70 personas que viven y/o trabajan cerca o en el plantel de cerdos San José de Apalta, se puede apreciar que los vecinos y trabajadores presencian como impacto en su entorno, la proliferación de olores desde el plantel en ciertos horarios, lo cual sobre todo en meses de verano conlleva a la proliferación de vectores esencialmente moscas.

Los resultados de la encuesta realizada a los pobladores cercanos al plantel de cerdos San José de Apalta demuestran la molestia por olores que se presenta en la población y como impacta en la vida de estos, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados encuesta, (Elaboración propia)

Zona	Total, encuestas	Presencia de Olores		Ruidos molestos	
		Si (%)	No (%)	Si (%)	No (%)
Blanco	179	28	72	42	58
Zona 1	98	80	20	53	47
Zona 2	61	89	11	34	66
Zona 3	67	70	30	11	89

Se puede apreciar que la población que se encuentra dentro de la zona afectada respondió en su mayoría que, si percibe la presencia de olores molestos en su entorno, mientras que en el blanco la respuesta en su mayoría fue que no se sentía la presencia de olores molestos, las personas que sentían presencia de olores en la zona del blanco lo atribuían al transporte de animales que se realiza en la zona. Los ruidos molestos en ambas zonas se atribuían al constante transporte que circula por este sector. Además, en la zona 1 también se atribuían los ruidos molestos a la presencia de la escuela que se encuentra en este sector.

Se detectó que a medida que nos alejamos de la posible fuente en estudio la percepción de olores y ruido de la población creció. Lo que lleva a mencionar que al oriente de población 1 y 2, analizadas en la encuesta, se encuentra la Faenadora de Cerdos Agrosuper (posible fuente de emisión externa 1) y al sur de población 1 y 2 y al norte de población 3 se encuentra Criadero de Cerdos Camarico de los mismos dueños de Agrosuper (se estima al ver imágenes áreas que la cantidad de purín a tratar debe al menos ser del triple que San José, al relacionarlos con las cantidades de planteles que se ven). Se intentó entrevistar o hacer visitas a estas posibles fuentes 1 y

2 sin resultados positivos. Bajo la arista de lo antes mencionado se hace posible inferir que algunos de los malos olores percibidos por la población puedan venir de estas dos posibles fuentes.

3.6.2 Datos históricos del ecosistema que rodea el plantel de cerdos (detección de impactos en el ecosistema)

El área de influencia del criadero de cerdos San José de Apalta se encuentra en el área de aplicación de purines. El Predio San José de Apalta se encuentra inmerso en un área agrícola ocupada para este fin, por lo que no provoca impactos sobre las comunidades biológicas aledañas al lugar de emplazamiento (DIA plantel de cerdos, 2015). Cabe señalar que tanto la actividad de crianza de cerdos como las plantaciones agrícolas se han desarrollado en este sector desde hace varios años por lo que el área ya se encuentra intervenida en relación con estas componentes. Por lo tanto, la actividad que se realiza en este predio y plantel de cerdos no genera grandes impactos en el ecosistema. Según el Plan Intercomunal de Río Claro este predio pertenece a una zona rural de uso preferencial Agropecuario. El área del plantel de cerdos se encuentra en medio de grandes extensiones de campos agrícolas por lo que no genera ningún tipo de impacto significativo en el entorno. En las figuras 22, 23, 24 y 25 se pueden ver imágenes satelitales del plantel de cerdos y su ubicación; en estas se puede apreciar claramente el aumento de pabellones para la crianza porcina, además de la construcción de las lagunas de acumulación. La imagen más antigua que se encontró fue la de abril de 2004.

Figura 21. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2004. (Fuente: Google Earth)



Figura 22. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2010. (Fuente: Google Earth)

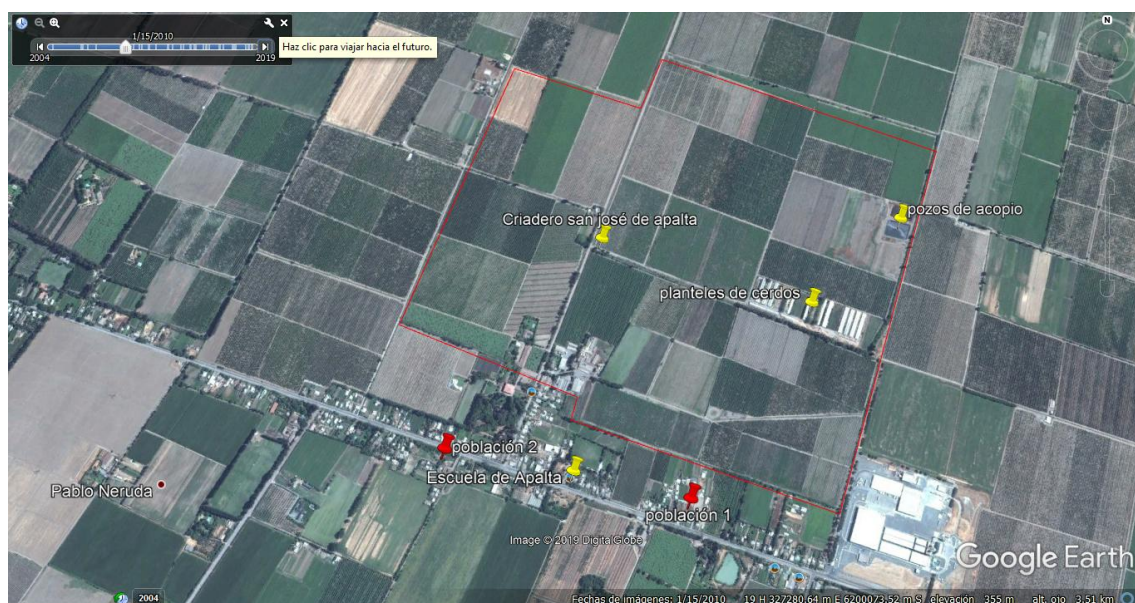


Figura 23. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2014. (Fuente: Google Earth)



Figura 24. Imagen satelital del Criadero San José de Apalta año 2019. (Fuente: Google Earth)



Según los datos encontrados de manera satelital y el plano regulador de la comuna de Rengo, el plantel de cerdos y el terreno donde se riegan los purines históricamente han sido ocupados históricamente en la actividad agrícola y esta a su vez es definida como zona rural de uso Agropecuario rodeada de plantaciones frutales, sin la presencia de especies vegetales o animales silvestres, ni especies en alguna categoría de conservación.

3.6.3 Valorización de los impactos.

La valorización de impactos que se pueden generar en un plantel de cerdos, en este caso se señalan en la tabla 7 los resultados de la valorización de los impactos.

Tabla 7. Valorización de impactos, Plantel de cerdos San José de Apalta.

Impacto	Valorización de impactos	Explicación
Contaminación de las aguas	Negativo compatible	Impacto mínimo debido a la lejanía de cuerpos de agua.
Contaminación del suelo	Positivo mediano	El abono mejora las condiciones del suelo para las plantaciones.
Contaminación atmosférica	Negativo moderado	Se encuentra acorde a lo que señala la ley en cuanto a emisión de contaminantes. DS 15/2013 (Plan de descontaminación atmosférica para el valle central de la región del Libertador Bernardo O'Higgins, MMA)

		DS 144/1961 (Norma para evitar contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza). NCh. 3.190/2010 (Determinación de concentración de olor por Olfatometría dinámica. Homologación Normativa Europea UNE-EN 13.725/2003, aplicada en el DIA.
Vectores infecciosos	Negativo moderado	Depende de la intensidad de los olores y factores de mantención.
Ruido	Negativo compatible	Se cumple con lo señalado en la legislación chilena. DS 38/2011 (Normas de ruidos generados por fuentes, MMA)
Otros Residuos	Neutro	La generación de estos es mínima y son retirados por las instituciones correspondientes.

Los resultados de la tabla 7 se pueden corroborar con la información obtenida al momento de visitar las instalaciones y revisar la declaración de impacto ambiental que realizó el plantel de cerdos el año 2014.

3.6.4 Propuestas de mejoras para reducir los impactos negativos detectados.

Cabe destacar que los impactos negativos detectados son todos derivados de la generación de gases y olores, además en este punto se señalan deficiencias en el

manejo de estos residuos que se detectaron durante la visita al plantel en noviembre de 2018, por esto a continuación en la tabla 8 se proponen mejoras en cuanto al manejo de los purines generados por este plantel, las cuales a su vez permiten reducir los impactos detectados.

Tabla 8. Propuestas de mejora. (Elaboración propia)

Propuesta	Mejora
Reducir la proliferación de vectores desde y hacia el plantel.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar mallas mosquiteras en los lugares de acceso de aire y personal (puertas y ventanas), especialmente comedor, baños y oficinas. - Eliminar la maleza cercana a los pabellones, ya que estos sitios son frecuentados por moscas y ratones, especialmente como descanso en época estival, además puede servir como escondite de roedores. - Mantener las instalaciones limpias, cerradas, ordenadas y libres de comida esparcida. - Instalar rejillas en los sistemas de canalización del purín para evitar el ingreso de roedores y acumulación de moscas.
Reducir la emisión de gases y olores.	- Revisar el estado de la red de canales en el interior y exterior de los galpones, para evitar

	<p>la acumulación de purines.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementar barreras vegetales en los puntos de impacto de los vientos dominantes considerando la dirección e intensidad del viento. Las especies de árboles a utilizar pueden ser pino o eucalipto. - La separación de sólidos del purín se debe realizar en horas donde la velocidad del viento sea la máxima y la humedad relativa mínima, esto con el fin de diluir más los olores generados. - El guano obtenido se debe aplicar en el menor tiempo posible a los campos agrícolas para disminuir la generación de malos olores.
<p>Reducir la cantidad de purines a tratar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la limpieza de corrales con máquinas de alta presión y bajo consumo de agua, lo cual disminuye la cantidad de agua a utilizar en el lavado y la cantidad de el purín a tratar. - Se deben incorporar a todas las instalaciones del plantel canaletas que separen las aguas lluvias de los purines, para así disminuir la cantidad de purines a tratar.
<p>Reducir el consumo de agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un sistema de bombas de agua que

	<p>permitan hacer recircular el agua extraída desde el lombrifiltro, así esta se puede utilizar tanto para riego como para limpieza de corrales.</p>
<p>para casos de emergencia en donde la capacidad de las lagunas se vea sobrepasada por la cantidad de purines generados.</p>	<p>- Incorporar una tercera laguna de acumulación, con las mismas condiciones de las otras lagunas del plantel.</p>
<p>Aumentar la capacidad de tratamiento del purín.</p>	<p>- Implementar una nueva unidad de lombrifiltro, la cual permita tratar una mayor cantidad de residuos en un menor tiempo.</p>

Cabe señalar y destacar que las últimas dos propuestas que están descritas en la tabla, se encuentran como proyectadas en la Resolución de Calificación Ambiental del 2015; en esta se señala que ambas unidades se construirán debido al aumento de cerdos del plantel y por consiguiente el aumento de purines señalados, durante la visita de pudo constatar la necesidad de contar con estas instalaciones debido a la cantidad de residuos existentes, además se pudo verificar que no están en etapa de construcción aun a la fecha.

3.7 Valorización de los purines

La valorización consiste en dar un valor agregado al residuo que se genera, a continuación, se describen los usos que se le pueden dar a los purines lo cual hace

que este pase de ser un residuo a ser un producto, el cual puede generar múltiples beneficios tanto para el ambiente como para los planteles en general.

3.7.1 Fertilizante.

Este es el uso más común que tiene el purín, lo que implica un uso positivo en cuanto a este recurso, ya que es conocido que las excretas de cerdo constituyen una excelente fuente de nutrientes para el desarrollo de las plantas, en forma de abono orgánico. El nitrógeno de las excretas es el elemento de fertilización más importante, debido a que el alimento suministrado tiene altos contenidos de proteína. El Nitrógeno total del purín se compone principalmente de Nitrógeno amoniacal (60%) y Nitrógeno orgánico (40%). Por acción de las bacterias aeróbicas de los suelos, el Nitrógeno orgánico es transformado en Nitrógeno amoniacal; este es llevado a Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-). El Nitrato no aprovechado por las plantas es lixiviado a través del perfil del suelo, ya que es altamente soluble en agua.

Cabe señalar que el mayor beneficio del uso de purines como fertilizante es que este es un abono natural que cuenta con los mismos beneficios que fertilizantes artificiales, pero sin los químicos que estos contienen. La desventaja del uso de estos radica en su uso excesivo lo cual puede provocar la lixiviación del Nitrógeno a través del perfil del suelo pasando a las aguas subterráneas.

3.7.2 Fuente de alimento para rumiantes.

La composición química de las excretas del cerdo tiene un alto contenido de proteína cruda, fibra cruda, cenizas y valores bajo de extractos etéreos. Tiene entre un 5 y 30% de la energía requerida por el animal en la dieta, y esta tiene una alta digestibilidad.

Debido a su condición monogástrica, el cerdo concentra en sus excretas altos niveles de pared celular (44,6%), lignocelulosa (24,3%), lignina (4,9%), celulosa (16,9%) y hemicelulosa (20,3%), estas excretas también contienen elementos como Plomo, Cadmio y Arsénico, pero en niveles bajos, levemente superiores a los presentes en forrajes verde y que eventualmente pueden ser nocivos. Se ha determinado también la presencia de grandes cantidades de vitamina A y del complejo vitamínico B.

En lo que respecta a alimentación animal, el guano de cerdo puro o bien combinado con guano de Broiler constituye una real alternativa para ser utilizada en la dieta de rumiantes, siendo su principal ventaja la de disminución de costos de producción al reducir el costo de alimentación.

El uso de excretas frescas no es totalmente aceptado, debido a la presencia de microorganismos, posiblemente patógenos, tanto para animales, como para el hombre. Por este motivo, las excretas y guano han sido probadas en forma de ensilaje o combinado con otros ingredientes en dietas para ovinos y bovinos. El ensilaje es un proceso que disminuye la pérdida de nutrientes, elimina los patógenos, mejora la palatabilidad e incrementa el consumo voluntario, y permite la incorporación de subproductos como la paja de cereales y melaza. En la tabla 9 se describe la composición de nutrientes y otros compuestos presentes en las excretas frescas del cerdo.

Tabla 9. Composición de las excretas de cerdo frescas (SAG Manual de buenas prácticas, 2005)

Minerales	Promedio	Rango
Cenizas	181 g/kg	163 – 236
Calcio	32 g/kg	11 – 59
Fósforo	25 g/kg	12 – 34
Potasio	12 g/kg	7 – 25
Magnesio	8 g/kg	4 – 25
Cobre	249 mg/kg	22 – 636
Zinc	526 mg/kg	128 – 891
Hierro	1940 mg/kg	764 – 4700
Manganeso	342 mg/kg	114 – 561
Cobalto	6,1 mg/kg	2,2 - 0,5
Molibdeno	0,3 mg/kg	0,2 – 0,5

3.7.3 Material generador de energía.

Los purines pueden servir de materia prima para producir energía, mediante la utilización de un reactor anaeróbico o biodigestor. El biogás es un combustible, se conforma entre un 50 a 75% de metano, 25 a 45% de Dióxido de carbono y pequeñas trazas de Nitrógeno, Oxígeno, Sulfuro de hidrogeno y otros. Para alimentar los equipos que generan el biogás (biodigestores) se puede utilizar excretas de animales, estudios indican que el estiércol de cerdo en los biodigestores produce más gas en comparación a otros materiales.

El sistema de tratamientos de biodigestores es un sistema de tratamiento que trata a los purines de cerdo en forma hermética, lo que reduce casi en un 100% los olores provenientes de los sistemas de tratamientos tradicionales.

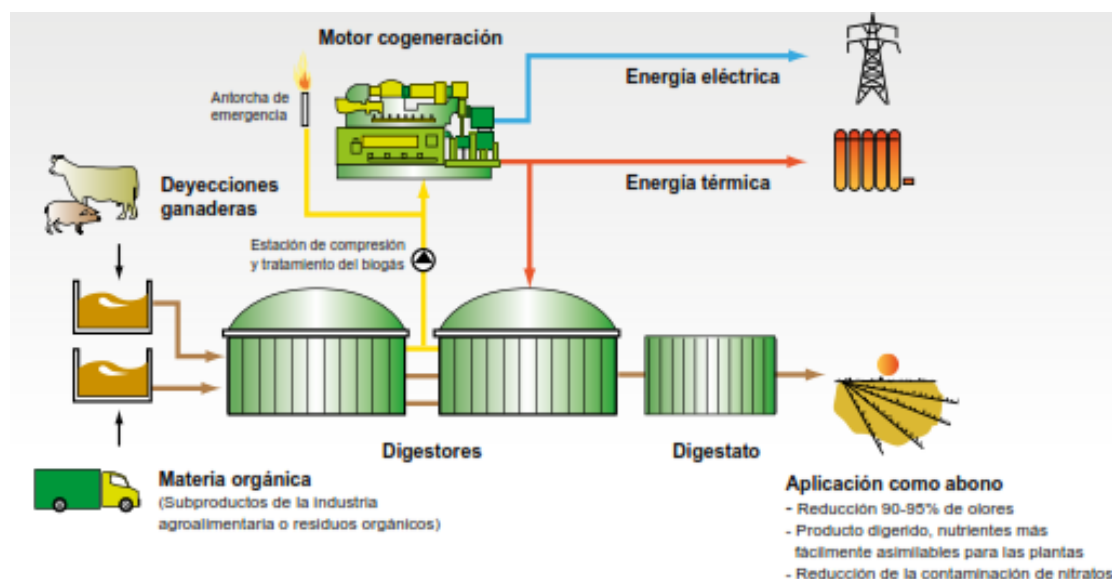
3.7.4 Compostaje.

Otra alternativa para la fertilización con excretas de cerdo es estabilizar los desechos orgánicos para su posterior utilización. Este proceso consiste en la descomposición de la materia orgánica lábil hasta alcanzar su forma más estable, proceso que se conoce como compostaje. Este es un proceso natural, reforzado y acelerado por la mezcla de residuos orgánicos. Este proceso convierte el material en un producto orgánico estable frente a las condiciones ambientales. Además, esteriliza en alto grado el guano animal.

3.7.5 Propuesta de sistema de valorización que se puede implementar en el plantel de cerdos, caso de estudio.

El criadero de cerdos San José de Apalta puede implementar en sus instalaciones una planta de biogás, la cual permitiría generar energía a partir de los RIL producidos, este puede ocuparse para generar energía eléctrica y o térmica dentro de las instalaciones del plantel. Además, esta tecnología permite reducir de forma considerable los olores y reduce la carga de nutrientes que está presente en los purines. La figura 26 muestra el esquema general que se da en una planta de biogás en planteles de crianza tanto porcina como bovina.

Figura 25. Esquema general de una planta de biogás.



El proceso de digestión anaerobia que produce la generación de biogás se realiza normalmente en estanques herméticamente cerrados (reactores o digestores) la producción de biogás dependerá directamente de la cantidad de residuos generados. En la tabla 10 se muestran algunas cifras importantes en cuanto a generación de energía por cada animal que se puede tener en un plantel de crianza.

Tabla 10. Algunas cifras importantes. (MINENERGIA,2012)

Unidad	Equivalencia	Energía
1 vaca lechera	330 – 500 m ³ /a biogás	0,09 – 0,15 kW _e
1 vaca lechera	1,5 – 2,2 m ³ digestor	
1 cerdo de crianza	70 – 130 m ³ /a biogás	0,02 – 0,05 kW _e
1 cerdo de crianza	0,3 – 0,8 m ³ digestor	
1 t ensilaje de maíz	170 – 200 m ³ biogás	0,04 – 0,06 kW _e
1 m ³ biogás	5 – 7,5 kWh	1,5 – 3,0 kWh _e

DISCUSIÓN

Uno de los factores más importantes en el tema de olores es saber cómo se mueven las masas de aire alrededor del plantel porcino y de la población. Durante la visita los olores más permanentes o molestos eran cerca de la zona de crías en etapa de “destete” y en la parte del tratamiento primario. Al llegar al final del recorrido, las lagunas y lombrifiltros, el olor que se percibe es casi normal, aunque puede ser que a esas alturas el sentido del olfato se hubiese acostumbrado al entorno, ya que al llegar a ese punto había pasado cerca de una hora desde la llegada al criadero.

En el caso de estudio se evidencio el uso de filtros de carbón activado en el pozo homogenizador y los pozos decantadores, en caso de que estos filtros fallen o se requieran de otras alternativas para el control de olores se recomienda el uso y por ende implementación de adsorción por adición química, este método consiste en la captación y retención de la moléculas contaminantes que, por lo general pasan a contracorriente a través de un lecho filtrante que puede ser de NaOH o KOH, H_3PO_4 o $KMnO_4$. (SEIA, 2017).

En cuanto a la eficacia de las barreras naturales (eucalipto) y su eficacia hay diversos estudios al respecto y nos son realmente concluyentes respecto a su real efecto como medida de mitigación. En la visita se pudo corroborar las barreras mencionadas en el DIA cerca del área de planteles de “Neonatos” y se puede decir que al estar cerca se percibe claramente el olor a dichos árboles y que in situ si hace disminuir o se mezcla con el típico olor característico de la industria. Como se acaba de mencionar no es

concluyente su real efecto, pero si al menos en Chile la guía del SAG 2005 lo recomienda y en este caso San José lo utiliza como medida de mitigación. (cabe señalar que la visita al criadero fue guiada por el jefe de planta de este el Señor Felipe Fuentes, y fue coordinada en conjunto con la encargada del departamento del medio ambiente de la comuna Paulina Ramos Pozo)

Las mejoras propuestas en el trabajo apuntan a una mayor sustentabilidad del proceso, optimizar el recuso hídrico y el manejo de purines, estas propuestas representan el comienzo para realizar el manejo de los purines en el criadero San José de Apalta de forma sustentable con el medio ambiente, además, se sugiere que junto las mejoras propuestas y el sistema de valorización descrito para este plantel, se adopten acuerdos (APL) por parte de este criadero.

Basándose netamente en el DIA del plantel de cerdos San José de Apalta no hay generación de impactos ambientales de ningún tipo en ninguna de estas matrices esto fue descrito en la caracterización de la industria. Ahora en cuanto a la visita respecto al impacto en el agua fue muy poco lo que se pudo apreciar. Se pudo visitar el pozo de aguas subterráneas que poseen de donde obtienen el agua para todas las fases de producción incluyendo los bebesteros de los cerdos y todo se veía en regla. Se pudo ver los predios y las mangueras de regadías de estos y se veía todo regular. Es muy relevante también decir que dicha visita se realizó en el marco de una solicitud, la cual fue acogida con una fecha de visita establecida.

En cuanto a los resultados obtenidos en la tabla es de esperar que los resultados obtenidos en parámetros como el DBO y DQO descieran, ya que es lo que tiene

como finalidad la utilización del lombrifiltro. En cuanto a los resultados obtenidos por el laboratorio Labser para el fosforo y el potasio, cabe señalar que no se tienen registros de la remoción de potasio al utilizar al lombrifiltro es por esto y al no tener una contramuestra del otro laboratorio no se sabe de la remoción de este parámetro; en cuanto al aumento fosforo se puede entender un error muestral o de informe del parámetro (ya que este valor puede corresponder al humus generado por el lombrifiltro y no al residuo liquido) además este valor se contrapone con el resultado obtenido por el otro laboratorio que realizo la muestra (Hydrolab) en donde la cantidad de fosforo si descendió demostrando la efectividad del lombrifiltro utilizado.

En cuanto al contexto actual de sequia que afecta al país adicional a la propuesta de utilización de hidro lavadoras para la limpieza de los planteles proponemos un sistema de reutilización de agua proveniente del afluente del lombrifiltro esto se lograría mediante la incorporación de una copa de agua y gracias a un sistema de bomba poder recircular al agua para así reutilizar este recurso en la tarea de limpieza, lo que lograría una máxima optimización del agua. Así mismo la sequía afecta en gran medida la disposición de praderas para la alimentación de rumiantes ya que muchas se encuentran sin acceso al agua para su regadío, por ende, bajo ese contexto la valorización del purín como componente principal en el alimento de rumiantes es una posibilidad de doble efecto positivo en este caso en específico. Además de esto la utilización del purín como fertilizante permitiría el mantener los cultivos al otorgarle nutrientes a las plantaciones, así se puede apreciar que la valorización del purín cobra gran importancia en tiempos de sequía.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis bibliográfico fue posible encontrar la caracterización fisicoquímica del purín, pero solo de la fracción sólida, de la fracción líquida fue posible encontrar el análisis químico, no fue posible realizar el análisis fisicoquímico del purín ya que no se obtuvo la autorización correspondiente.

Los impactos ambientales detectados según la metodología usada en este trabajo en conjunto con la encuesta se concluye que no existe impacto detectado hacia el ecosistema, no obstante si se detectó impacto ambiental odorífero hacia la población.

Las fuentes de emisión de contaminantes que se lograron identificar fueron: Corrales, lagunas de acumulación, canales de purín desde los pabellones hacia el homogenizador vías acceso de la planta por transporte de animales galpón de homogenización.

Las propuestas de mejora en el manejo de purines descritas en la tabla 8 y la propuesta de valorización de los purines, fueron entregadas al departamento de medio ambiente de la comuna para que se estableciera el contacto con la empresa, se presume que no lo han recibido aún, ya que no han dado respuesta a los e-mails enviados.

Según el tratamiento que se da a los purines en el plantel de cerdos estudiado se propuso un sistema de valorización de purines el cual consiste en la instalación de un

digestor el cual permitiría la producción de biogás, este es absolutamente factible desde el punto de vista de espacio e infraestructura analizando las instalaciones actuales.

BIBLIOGRAFÍA

- ASPROCER (Asociación de Productores de Cerdo de Chile). 2018. Análisis sectorial. [En línea]. Recuperado en: <http://www.asprocer.cl/industria/analisis-sectorial/>
- ASPROCER (Asociación de Productores de Cerdo de Chile). 2014. Reporte ASPROCER. [En línea]. 56 p. Recuperado en: <https://www.asprocer.cl/assets/uploads/2016/09/reporte-asprocer-2014.pdf>
- Belmonte, M. 2012. Reducción de materia orgánica y nutrientes contenido en purines de cerdo a través de tecnologías combinadas y su efecto en bioindicadores acuáticos. [En línea]. 250p. Programa de doctorado en ciencias ambientales mención sistemas acuáticos continentales. Concepción, Chile: Universidad de concepción. Recuperado en: <http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/180286>
- Cerón, L.; F. Aristizábal. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fosforo en suelos. [En línea]. Instituto de biotecnología universidad nacional de Colombia, Bogotá. Vol.XIV: 285-295. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77624081026>
- Comisión de evaluación Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. 2015. Califica ambientalmente el proyecto "Plantel de cerdos san José de Apalta" Resolución exenta N°47. [En línea]. 96p. Recuperado en: http://seia.sea.gob.cl/archivos/2015/03/06/RES._N_47_rca_plantel_de_cerdos_san_jose_de_apalta.pdf

- ECOTEC INGENIERIA LTDA. 2013. Estudio: antecedentes para la regulación de olores en Chile. Informe final. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <https://olores.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/ECOTEC-Ingenieria.pdf>
- Espinoza, G. 2007. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Santiago, Chile: Banco interamericano de desarrollo -Centro de estudios para el desarrollo. 288p.
- Figueroa, C. 2010. Producción de biogás como subproducto de digestión anaeróbica y recuperación de nutrientes mediante método químico. [En línea]. 41p. Tesis para optar al título de bioingeniero con mención ambiental. Concepción, Chile: Universidad de Concepción. Recuperado en: www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-cindy-figueroa-2010.pdf
- Flores, M. 2012. Herramientas de gestión ambiental para la utilización de purines como bio-fertilizantes. [En línea]. 154p. Tesis de postgrado. Chillan, Chile: Universidad de concepción. Recuperado en: <repositorio.udeC./handle/11594/752>
- Gómez, M. 2014. Efectos ambientales de la valorización agronómica de purines de ganado porcino: dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-agua-planta. [En línea]. 183p. Tesis doctoral. Cartagena, España: Universidad politécnica de Cartagena. Recuperado en: <<http://repositorio.upct.es/handle/10317/4080>>
- Ibáñez, J. 2009. Ciclo del potasio en agroecosistemas y reacción de los fertilizantes potásicos en el suelo. [En línea]. Recuperado en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/05/19/118513>
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2018. entrega de resultados definitivos censo 2017. [En línea]. Recuperado en: <<https://resultados.censo2017.cl>>

- INIA (Instituto de investigaciones Agropecuarias), Chile. 2005. Técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina. [En línea]. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, INIA-SAG. 206p. Recuperado en <
http://biblioteca.inia.cl/medios/catalogo/libros/INIA_L0018.pdf>. Consultado el: 12 de septiembre de 2018.
- López, C. 2009. Modelación de procesos de tratamiento de purines de cerdo. Fraccionamiento de materia orgánica. [En línea]. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 83p. Recuperado en: <
repositorio.uchile.cl/handle/2250/103317>
- MINENERGÍA/GIZ (Ministerio de energía/ Internationale zusamme narbeit). 2012. Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile. Proyecto de energías renovables no convencionales. [En línea]. 136p. Recuperado en:
<http://www.aproval.cl/manejador/resources/guiaplanificacionproyectosbiogasweb.pdf>
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2017. Estrategia para la gestión de olores en Chile: actualización 2017. [En línea]. Departamento de ruido, lumínica y olores, división de calidad de del aire. Santiago, Chile. 11p. Recuperado en:
http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Estrategia_Olores_Actualizacion2017.pdf. Consultado el 13 de septiembre de 2018
- Monasterio, J. 2015. Plan de aplicación de purines al suelo. Plantel de cerdos San José de Apalta. Rosario, Chile. 56p.

- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias).2017. Estadísticas productivas pecuarias, cifras semestrales de existencias de porcinos. [En línea]. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>
- Ortiz, G. 2012. Generación y detección de olores provenientes del almacenamiento de purines porcinos en un plantel de engorda de la Región del Bío- Bío. [En línea]. Habilitación para optar al título de ingeniero ambiental. Concepción, Chile: Universidad de Concepción. 77h. Recuperado en: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-gerardo-ortiz-2012.pdf>. Consultado el: 14 de septiembre de 2018.
- Ruiz, N.; F Molinés; J. A. Mateo; I. Fonts; G. Gea. 2017. Valorización de purines mediante pirólisis. [En línea]. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. 2p. Recuperado en: <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/jji3a/article/view/1611/1435>>. Consultado el: 11 de septiembre de 2018.
- SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental). 2015. Resolución de calificación ambiental: Plantel de cercos San José de Apalta. [En línea]. 96p. Recuperado en: [http://seia.sea.gob.cl/archivos/2015/03/06/RES. N 47 rca plantel de cerdos san jose de apalta.pdf](http://seia.sea.gob.cl/archivos/2015/03/06/RES._N_47_rca_plantel_de_cerdos_san_jose_de_apalta.pdf)
- SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental). 2017. Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA. [En línea]. 99p. Recuperado en:

https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/12/21/guia_pye_impactos_por_olor_171221.pdf.

- SMA (Super Intendencia del Medio ambiente). 2014. Informe de Fiscalización Ambiental: Requerimiento de ingreso SEIA, Criadero San José de Apalta. [En línea]. 17p. Recuperado en: <Informe%20Elusión%20Criadero%20San%20José%20de%20Apalta.pdf>
- Sociedad Agrícola San Ramón Ltda. 2014. Declaración de impacto ambiental. Plantel de cerdos San José de Apalta. [En línea]. Recuperado en: <http://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=2129977948>
- SUBDERE (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo). 2018. Rengo. [En línea]. Recuperado en: <http://www.subdere.cl/división-administrativa-de-chile/gobierno-regional-de-ohiggins/provincia-de-cachapoal/rengo>
- Unión Europea, Ministerio del Medio Ambiente; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2010. Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino. [En línea]. 136p. Recuperado en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/GuiaMTDsSectorPorcino_tcm30-105316.pdf
- Varnero, M.; S. Muñoz; R. Zúñiga. 2009. Valorización agrícola de purines porcinos procesados con aserrín de pino. [En línea]. Scielo, 20(N°6):85-92. Recuperado en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000600011>. Consultado el: 11 de septiembre de 2018.

ANEXO

SISTEMA TOHÁ

¿Qué es el Sistema Tohá?

El sistema Tohá es una Tecnología de tratamiento de aguas residuales creada y desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y patentada por la Fundación para La Transferencia Tecnológica, UNTEC (Patente N° 40.754).

El “Sistema Tohá®” también conocido como Lombrifiltro o “Biofiltro Dinámico Aeróbico”, corresponde a un filtro percolador compuesto de diferentes estratos filtrantes y lombrices.

El agua residual percola a través de los diferentes lechos filtrantes, quedando retenida la materia orgánica la que posteriormente es consumida por las lombrices.

En 1994, gracias al apoyo de FONDEF, se construyó en CEXAS, Melipilla, la primera planta de tratamiento de aguas servidas para una población de 1.000 personas.

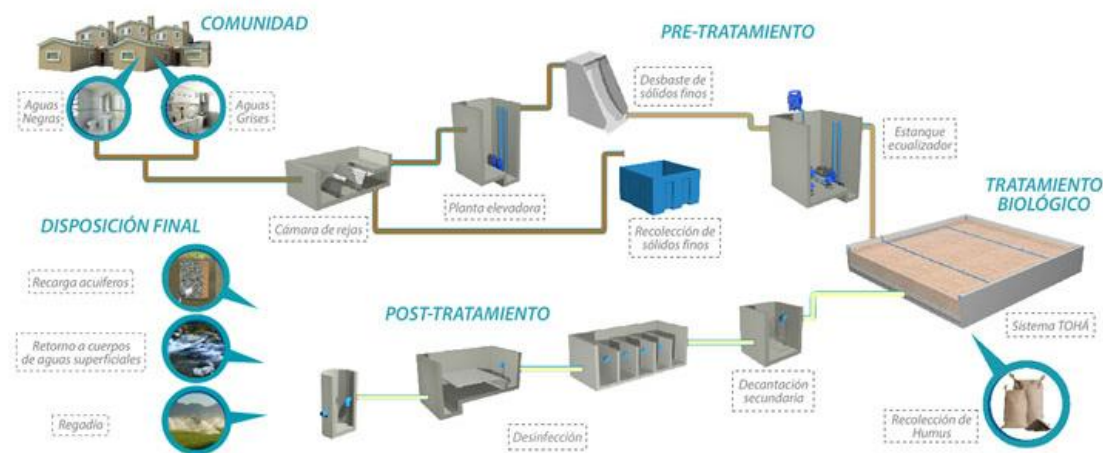
Actualmente existen plantas de tratamiento funcionando en Chile y en el extranjero, en países tales como Argentina, Paraguay, México, Bolivia, Ecuador, India, entre otros.

Este método consiste básicamente en:

- El agua servida o RIL se riega sobre un lecho compuesto de distintos estratos, en el cual en los primeros 25cm se ubica una gran cantidad de lombrices.

- El residuo líquido escurre por el medio filtrante y la parte sólida de este queda retenida junto con la materia orgánica. Esta es consumida por las lombrices y pasa a ser parte de su masa corporal.
- Los microorganismos presentes en el agua servida o RIL son reducidos en más de un orden de magnitud por acción de las lombrices y los demás microorganismos consumidores de materia orgánica que viven en el sustrato junto con las lombrices.
- El material consumido por las lombrices es deyectado de ellas en forma de humus de lombriz.

Figura 1. Esquema del lombrifiltro (gemat.cl)



Ventajas del lombrifiltro:

- Es un proceso ecológico, no usa aditivos ni químicos y no se producen residuos contaminantes.
- Bajos costos de inversión y operacionales.

- No produce lodos inestables.
- El subproducto que se produce mediante el uso de esta técnica sirve de abono natural (humus de lombriz).
- El agua que sale del lecho se puede usar para regadío.
- En aguas servidas presenta una remoción de:
 - DBO₅: 90%
 - Sólidos Totales: 95%
 - Nitrógeno Total: 60%
 - Fósforo Total: 70%