

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTAL**



Trabajo Final de Carrera

Modalidad Revisión Bibliográfica

**“ESTRATEGIAS PRODUCTIVAS QUE REDUZCAN EL IMPACTO AMBIENTAL DE  
LAS LAGUNAS DE GRANJAS PORCINAS EN CONFINAMIENTO, EN LA  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES”**

**Área temática: Porcicultura**

**Autoras: LO PAPA, Carola (28989/6; carolalopapa@gmail.com)**

**y MARCELINO, Solange (28898/4; marcelinosolange@hotmail.com).**

**Directora: Dra. en Cs. Veterinarias; Esp. Sanidad y Producción Porcina e Ing.  
Agr. ALBO, Graciela Noemí.**

**Codirector: Esp. Sanidad y Producción Porcina e Ing. Agr. GUARDIA LOPEZ,  
Ariel.**

**Tutora Académica: Lic. en Bibliotecología y Ciencias de la Información  
PRESTA, Karina Alejandra.**

**Fecha de entrega:**

**19 de marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>Publicaciones en Eventos Científicos y Cursos vinculados al tema de tesis</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>6</b>
Objetivos específicos	6
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>8</b>
De la revisión bibliográfica	8
Experiencias de pasantías en criaderos porcinos	11
Experiencia de pasantía de investigación sobre análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina	12
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>12</b>
De la revisión bibliográfica	12
Descripción de los sistemas actuales en confinamiento en la provincia de Buenos Aires	20
Caracterización del efecto negativo de los efluentes porcinos en el ambiente	21
Cantidad de efluente producido	21
Composición del efluente	21
Impacto ambiental	23
Distintos tratamientos de efluentes porcinos	25
Lagunas	27
Biodigestor	29
Experiencias de pasantías en criaderos porcinos con manejo de efluentes con lagunas y biodigestor	33
Lagunas del criadero PORCINAGRO, Daireaux	33
Biodigestor de la Escuela Salesiana de Del Valle	34
Experiencia de pasantía de investigación sobre “Análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina”	35
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
De la Revisión Bibliográfica	37
De la pasantía en criaderos porcinos. Manejo de efluentes acuosos en la producción porcina	38
De la pasantía de investigación sobre “Análisis físico químico de efluentes acuosos en la producción porcina”	38
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>43</b>

## Publicaciones en Eventos Científicos y Cursos vinculados al tema de tesis

**Marcelino, S.;** Sararols, G.; **Albo, G.** y Rolny, N.S. (2023). Utilización de efluentes porcinos para la fertilización del suelo. Revista de Investigaciones de la Facultad De Agronomía Universidad De Concepción, F. D. C. A.-U. (2023). Jornadas de Ciencia y Tecnología Agraria 2023: VIII Jornadas de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR - II Reunión Argentina-Chile. *Ciencias Agronómicas*, 41, e033: 175-176. <https://doi.org/10.35305/agro41.e033>

**Lo Papa, C.N.;** Sararols, G.; **Albo, G.** y Nadia S. (2023). Evaluación preliminar de la caracterización de materias primas para el funcionamiento de biodigestores. Revista de Investigaciones de la Facultad De Agronomía Universidad De Concepción, F. D. C. A.-U. (2023). Jornadas de Ciencia y Tecnología Agraria 2023: VIII Jornadas de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR - II Reunión Argentina-Chile. *Ciencias Agronómicas*, 41, e033: 122-123. <https://doi.org/10.35305/agro41.e033>

**Presta, K.A.;** Ferro, V.; **Lo Papa, C.;** **Marcelino, S.** y **Albo, G.** (2023). La experiencia de las tutorías y talleres+tutoría ALFIN con estudiantes de grado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Revista de Investigaciones de la Facultad De Agronomía Universidad De Concepción, F. D. C. A.-U. (2023). Jornadas de Ciencia y Tecnología Agraria 2023: VIII Jornadas de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR - II Reunión Argentina-Chile. *Ciencias Agronómicas*, 41, e033: 49-50. <https://doi.org/10.35305/agro41.e033>

Participación en el Proyecto SECyT, UNLP, **11 /A 351 “Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad de los animales de la granja”**. Dra. Albo G.N. Cod. Córdoba S.B. Tesistas de grado. <https://cyt.proyectos.unlp.edu.ar/projects/11-A351>

Pasantía en Cátedra de Análisis Químico **“Introducción a los métodos analíticos de laboratorio: análisis de agua. Análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina”**. Expediente n°200-1345/10.

**Curso Optativo Producción Porcina:** Act. Opt. Expte. 200-996/05 Res CA Núm. 161 16/09/2008. Aprobado Lo Papa y Marcelino: 10 (diez).

Nivel de inglés: examen de suficiencia en idioma inglés.

La documentación se adjunta en ANEXO I.

## **AGRADECIMIENTOS**

*A nuestros padres y nuestras familias por apoyarnos y acompañarnos incondicionalmente.*

*A nuestros amigos de la vida y a los que nos encontramos en el camino por celebrar nuestros logros y sostenernos cuando lo necesitamos.*

*A nuestros compañeros de vida por la motivación y paciencia para ayudarnos a cumplir nuestros objetivos.*

*A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, universidad pública, por la posibilidad de formarnos con educación gratuita y de calidad.*

*A los docentes que nos acompañaron durante el proceso de formación.*

*A la Directora Dra. Albo Graciela, al Codirector Ing. Agr. Guardia López Ariel y a la Tutora Académica Lic. Presta Karina, por confiar en nosotras, inspirarnos e incentivarnos a crecer como profesionales, acompañándonos en cada paso del desarrollo de la tesis.*

*A los responsables del área de funcionamiento del Biodigestor de la Escuela Salesiana de del Valle (Pdo. de 25 de Mayo), Profesor Gustavo Sararols y del Criadero Porcino PORCINAGRO (Pdo. de Daireaux), Ing. Agr. Mateo Oliver, por su valiosa colaboración y amabilidad al recibirnos en los establecimientos, para realizar las Pasantías en el manejo de biodigestores y lagunas, respectivamente, en el marco de este Trabajo Final de Carrera.*

*A la Dra. Costa Lorenza e Ing. Agr. Nadia Rolny de la cátedra de Análisis Químico por su tiempo, enseñanza y dedicación en el análisis de las muestras.*

## RESUMEN

El propósito del Trabajo Final de Carrera a Dúo (TFC<sub>D</sub>), Modalidad Revisión Bibliográfica fue identificar estrategias que minimicen el impacto ambiental de efluentes porcinos en criaderos de Buenos Aires. Para realizar la revisión bibliográfica de grado de tipo narrativa se siguieron cuatro etapas: 1) Identificación del objeto de estudio; 2) Estrategia de búsqueda: a) Identificación de palabras claves, descriptores y tesauros. b) Definición de los límites de consulta: antigüedad bibliográfica no mayor a 5 años (2018-2022/2023); de Buenos Aires, Argentina y Latinoamérica; c) Criterios de inclusión: documentos publicados (2018-2023/4); en ámbito académico/científico con evaluación (tesis, actas, revistas; informes/evaluaciones técnicas/estadísticas gubernamentales; d) Criterios de exclusión: sólo material con acceso abierto. Se utilizó la Metodología de recopilación documental TT-RI-E que consta de 3 tablas: 1) Tabla Terminológica (TT): recaba la temática y representación (terminología en plataformas consultadas y documentos seleccionados); 2) Tabla de Relevamiento Inicial y Específico (RI-E): consigna: fecha relevamiento, estrategia y fuente de búsqueda, resultados recuperados y URL (Localizador de Recursos Uniforme). Se registraron nuevos términos (retroalimentación TT). La etapa 3) Revisión de la literatura: a) Se consultaron bases de datos y plataformas para relevar la producción científica y académica por regiones. Por la dispersión de los términos se decidió trabajar con la bibliografía citada por un banco de 5 documentos base, el artículo Pegoraro et al. (2020) y este TFC<sub>D</sub> (Trabajo Final de Carrera), asignándoles un código identificador (título, autores, tipo documental). Como resultado de la revisión bibliográfica, se obtuvo un CORPUS DOCUMENTAL de 25 documentos luego de trabajar con la bibliografía citada en los 7 documentos mencionados (los documentos de base, el artículo y el TFC). Además, se visitaron dos criaderos con lagunas y biodigestor, en Daireaux y Del Valle, respectivamente. Finalmente, evaluaron las características físico-químicas del efluente del biodigestor (Del Valle), en laboratorio. Los resultados fueron: pH 7 en ingreso biodigestor, óptimo para bacterias metanógenas; materia seca reducida en la fosa de cerdos y cámara de homogeneización; disminución en 50% de DQO del biol, en consecuencia, de la contaminación del efluente. Se estimó en 51,2% la eficiencia

del biodigestor. El biol recuperado para fertilizar tuvo calidad aceptable para SENASA.

## **INTRODUCCIÓN**

La producción de cerdos es una de las más importantes a nivel mundial, ubicándose como principales productores China (50%), Unión Europea (21%), Estados Unidos (11%) y Brasil (3%), encontrándose Argentina en el puesto 13° con un 0,53% del total producido (Paolilli et al., 2020). Aunque China es el principal productor, no logra abastecer la demanda interna, ya que además es el mayor consumidor de carne porcina, por lo que requiere de la importación de otros países como España, Estados Unidos, Alemania, Dinamarca, Brasil, Países Bajos, Canadá, Chile, Francia y México. Otros países importadores son Japón, República de Corea, Hong Kong, Estados Unidos, Australia, Vietnam, Filipinas, Rumania y Singapur (Marín, 2022).

Argentina participó en el comercio internacional con 5,9 millones de toneladas (Tn) de carne producidas por las especies bovina, aviar y porcina, explicando el 1,8 % de la producción mundial, ocupando el tercer lugar (MAGyP, 2023); la carne bovina contribuyó con 3,1 millones de Tn, la carne aviar con 2,2 millones de Tn y, en tercer lugar, la producción de carne porcina de 0,6 millones de Tn en el país (Dulce et al., 2021).

Un 75% de la producción porcina argentina se encuentra distribuido en cinco provincias, 24% en Buenos Aires, 24% en Córdoba, 14 % en Santa Fe, 8 % en Entre Ríos y 5 % en Chaco (MAGyP, 2022). Estas existencias porcinas se distribuyen en el país en 97.680 unidades productivas (UPs), de las cuales el 17,17 % se concentran en la provincia de Buenos Aires (MAGyP, 2022; SENASA, 2020).

Con relación al consumo, en el país, la carne porcina se ubica en tercer lugar luego de la bovina y de la aviar, observándose un incremento en los últimos años, que alcanzó 15 kg de carne per cápita en 2020 (Paolilli et al., 2020) y 16,76 kg/habitante/año en 2022 según los datos del MAGyP (2023). Este aumento se ve reflejado a través de varios factores: la alta productividad; ser una producción de ciclo corto, con un índice de conversión de alimentos alto lo que permite tener un producto terminado en un corto tiempo (FAO, 2014). Por otro lado, encontramos un

cambio de percepción por parte del consumidor, que encuentra a la carne de cerdo como un mejor alimento (Paolilli et al., 2020).

La producción local no logra abastecer la demanda interna, por lo que Argentina es importadora de carne fresca y chacinados. Los países proveedores de cortes frescos son principalmente Brasil con un 97%, por preferencia arancelaria; y Dinamarca con un 3%. Por otro lado, los importadores de subproductos son: Brasil (87%), España (12%) e Italia (1%). Las importaciones se mantuvieron medianamente constantes en el periodo de 2003 a 2010, con un pico en 2011 y luego un decaimiento hasta el 2014, por la aplicación transitoria de licencias anticipadas de la importación, que restringieron la comercialización (Paolilli et al., 2020). A partir de 2015, luego de la desarticulación de la medida mencionada anteriormente, hubo un incremento en las importaciones; simultáneo a esto aumentaron las exportaciones por una quita de derechos y apertura del mercado que traccionó a un aumento de la producción (Secretaría de Política Económica, 2019).

Para los años 2020-2021-2022, al hacer una comparación de los datos del tablero de control sectorial porcino del MAGyP (2023), se observa un aumento en la producción de carne porcina, pasando de 654.716 Tn de res con hueso a 723.380 Tn. En cuanto al comercio internacional hubo fluctuaciones tanto en las importaciones como en las exportaciones. Para el caso de las importaciones en el 2020 hay una reducción del 34%, en el 2021 se vio un aumento del 86% y en el 2022 volvió a caer un 3,7%, pasando de importar 22.497 Tn en el 2020 a 40.209 Tn en el 2022. Las exportaciones aumentaron en el 2020 un 61%, mientras que en el 2021 y 2022 disminuyeron en un 27% y 68,5% respectivamente, donde de exportar 41.271 Tn se pasó a exportar 9.475. Estas tendencias se ven invertidas en lo que va del año 2023, ya que al mes de septiembre se visualiza un aumento de la producción del 4,8% con una disminución de las importaciones del 55,8% y un aumento de las exportaciones del 50,8%.

## **OBJETIVO GENERAL**

Efectuar una revisión bibliográfica del impacto ambiental producido por los efluentes derivados de las granjas porcinas en confinamiento en la provincia de Buenos Aires.

### **Objetivos específicos**

Describir los sistemas actuales de producción porcina en confinamiento en la provincia de Buenos Aires.

Caracterizar el efecto negativo de los efluentes porcinos en el ambiente.

Proponer estrategias productivas que reduzcan el impacto ambiental de las granjas confinadas.

## **METODOLOGÍA**

### **De la revisión bibliográfica**

El trabajo final se llevó adelante por medio de un relevamiento bibliográfico de la literatura sobre la temática, partiendo de una selección que proporcionó la directora, Dra. Albo. Se realizó una búsqueda exploratoria de la materia para actualizar la información de los documentos recibidos. En marzo de 2022 la directora nos deriva con la Lic. Karina A. Presta (Presta, 2019a), que está a cargo del servicio Referencia Especializada y ALFIN de la Biblioteca Conjunta FCAYF-FCV de la UNLP, quien fue designada como Tutora Académica específicamente para la revisión bibliográfica.

Para realizar la revisión bibliográfica de grado de tipo narrativa o tradicional se siguieron las cuatro etapas de la construcción de un estado del arte planteados por Alzate Ibañez y López Niño (2018): 1) Identificación del objeto de estudio; 2) Estrategia de búsqueda: a) Identificación de palabras claves, descriptores y tesauros. Se analizó el vocabulario usado en los títulos, palabras claves y resúmenes y sus sinónimos para relevar la lengua natural del ámbito de estudio. También se recopilamos las materias y descriptores de las plataformas de información para detectar el vocabulario del lenguaje controlado que usaron para organizar temáticamente la información con contienen; b) Definición de los límites de consulta: antigüedad de la bibliografía no mayor a los 5 años (2018-2022/2023), referidos a la provincia de Buenos Aires específicamente y los comparativos en Argentina y la región para contextualizar; c) Criterios de inclusión: documentos publicados en los últimos cinco años (2018-2023/4), que sean del ámbito académico y científico con instancias de evaluación (tesis doctorales, de maestría y especializaciones, tesis de grado, actas de reuniones, revistas especializadas) e informes y evaluaciones técnicas y estadísticas de organismos gubernamentales; d) Criterios de exclusión: sólo material con acceso abierto al contenido; documentos que se puedan consultar a texto completo. Material académico y científico que haya sido evaluado en distintas instancias, excepto informes técnicos y estadísticos de organismos gubernamentales, imprescindibles para conocer y validar la realidad de los distintos ámbitos tratados.

Para organizar las búsquedas bibliográficas se utilizó la Metodología de

recopilación documental TT-RI-E (Presta, 2019b) que consta de 3 tablas donde se relevan: 1) Tabla Terminológica (TT): se recaba la temática y las distintas maneras en las que fue representada mediante la terminología en las distintas plataformas consultadas y en los documentos seleccionados; 2) Tabla de Relevamiento Inicial y Específico (RI-E), en donde se consignan: la fecha de relevamiento, la estrategia de búsqueda utilizada, la fuente de información en donde se realiza la búsqueda, la cantidad de resultados recuperados y la URL en la que se encuentran. Además, se deja constancia de los documentos seleccionados la cita bibliográfica del mismo, las observaciones documentales, los nuevos términos en el vocabulario usado (que retroalimentaron a la Tabla Terminológica para crear nuevas estrategias de búsqueda). También se detalló qué se hizo con ese documento preseleccionado: si fue sugerido por el sistema consultado, si fue derivado de la bibliografía que cita el documento preseleccionado, si se creó una alerta bibliográfica y qué es lo que se hizo con el mismo (para leer, leído, rechazado, a Zotero/Mendeley). En caso de que ese documento preseleccionado ya hubiera ingresado a la bibliografía, también se le asignó la Etiqueta Temática Personal (ETP) que se utilizó para la organización interna de la investigación. Y por último se registraron las anotaciones personales sobre ese documento y la investigación en sí, lo que conformó un germen de bitácora de investigación.

Para la etapa 3) Revisión de la literatura: a) Se consultaron las siguientes bases de datos y plataformas para relevar la producción científica y académica por regiones (Codina, 2019).

Argentina: para la producción académica y científica el Sistema Nacional de Repositorios Digitales [SNRD](#); repositorio institucional de acceso abierto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [CONICET DIGITAL](#).

Para la información gubernamental: se consultaron el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca ([MAGyP](#)) y la Secretaría de Haciendas del Ministerio de Economía.

Para la información de organismos descentralizados: repositorio institucional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA DIGITAL](#), y [Estadísticas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria SENASA](#).

Para la Provincia de Buenos Aires: repositorio institucional de acceso abierto

de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires [CIC DIGITAL](#).

Además, se relevaron las siguientes universidades provinciales: repositorios institucionales del Servicio de Difusión de la Creación Intelectual [SEDICI](#) de la Universidad Nacional de La Plata, Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín [UNSAM](#), Repositorio Digital de la Universidad Nacional del Noroeste [RIUNNE](#), Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional del Centro [RIDAA UNICEN](#).

Para las provincias productoras de carne porcina: repositorio hipermedial de la Universidad Nacional de Rosario [RepHipUNR](#), Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Córdoba [RDU](#).

Para la producción regional: Scientific Electronic Library Online [SCIELO](#), Sistema de Información Científica Redalyc, Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante [REDALYC](#), Red de Repositorios de acceso abierto a la ciencia [LA Referencia](#) (de la producción de posgrado de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, España, México, Panamá, Perú, Uruguay).

Producción internacional: [Scholar Google](#) para la producción académica, científica, gubernamental y de ONGs.

Para profundizar la información que brindó cada repositorio, se efectuó la división de tareas:

- **Carola Lo Papa**, se encargó de la revisión de los repositorios digitales a nivel Nación tales como, SNDR y el correspondiente al CONICET, también revisó el repositorio hipermedial de la Universidad de Rosario y el repositorio de la Universidad de Córdoba.

- **Solange Marcelino**, se centró en el repositorio que brinda la UNLP, SEDICI, el correspondiente a la Universidad Nacional de San Martín y al que le corresponde a la Universidad Nacional del Centro; y algunos regionales como Scielo, Redalyc y LA Referencia.

Se crearon distintas estrategias de búsqueda teniendo en cuenta cómo estaba representada en el vocabulario la temática del trabajo de investigación. La terminología se analizó de los documentos preseleccionados, las búsquedas

sugeridas por las plataformas y bases de datos, así como búsquedas relacionadas en las mismas. Los campos que se tuvieron en cuenta para relevar la terminología fueron: título y subtítulo, palabras clave y resumen, tanto en español, inglés, portugués y sus sinónimos correspondientes. Debido a la dispersión en el significado de ciertos términos de la lengua natural, se consultó el diccionario porcino (Tres.tres.tres, 2022) y el tesoro multilingüe AGROVOC (FAO, s.f.)

Las mismas expresiones de búsqueda fueron utilizadas en las distintas bases de datos y plataformas informacionales mencionadas. Esta estructuración y registro en la Metodología TT-RI-E permitió evitar el sesgo en las búsquedas y preselección de los documentos, así como analizar qué tipo de fuentes de información o autores relevantes no se tuvieron en cuenta.

Se seleccionó de este corpus de documentos preseleccionados, aquellos que contenían revisiones bibliográficas tanto narrativas o tradicionales como sistematizadas y sistemáticas, en distintos formatos: tesis de doctorado (por lo exhaustivo de su relevamiento), de maestría, de especializaciones, de proyectos de investigación, de artículos científicos y académicos, dado que todos contaban con algún tipo de evaluación (por jurado y por pares). Este recorte da -de por sí- sustento teórico al relevamiento de la literatura académica y científica de este TFC.

Al ser un TFC de grado se realizó una revisión bibliográfica tradicional sistematizada con la utilización de la Metodología TT-RI-E para las etapas de relevamiento y preselección del material bibliográfico recabado. Para el análisis y organización de la información se usó el software de gestión bibliográfico de código abierto Zotero (Alonso-Arévalo, 2015). Para la organización del documento final y la presentación de los registros de las referencias bibliográficas se utilizaron las Normas APA 7a. ed. (Sánchez, 2019).

### **Experiencias de pasantías en criaderos porcinos**

En forma complementaria a la revisión bibliográfica se realizaron dos pasantías en establecimientos con distintos manejos de efluentes (mayo, 2022 - enero, 2023). **Carola Lo Papa** recolectó información en un criadero de Daireaux (Adolfo Alsina), que utilizaba lagunas anaerobias y aerobias para el tratamiento de efluentes, y **Solange Marcelino** se centró en la recolección de material en la Escuela Agrotécnica Salesiana ubicada en Del Valle (25 de Mayo), que reutiliza

residuos de cerdos, tambos bovinos y granja de pollos, procesados por un biodigestor donado por la Diócesis Salesiana Alemana.

### **Experiencia de pasantía de investigación sobre análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina**

A partir de la incorporación al Proyecto de I+D (SECyT-UNLP) 11A/351 (*Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad de los animales de la granja*. Dra. Albo), surgió el interés de profundizar el estudio del efluente y la calidad del producto procesado por el biodigestor. Con ese objetivo se realizó una Pasantía de “Análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina, en la Cátedra de Análisis Químico, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), durante el período mayo-diciembre de 2023. Se analizaron las características físico-químicas del efluente del biodigestor de la Escuela Salesiana de Del Valle, en tres momentos: a la salida de los galpones, en la fosa de homogeneización y a la salida del biodigestor. Se evaluaron las variables: pH, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), fósforo extractable (P), sólidos totales (ST), materia seca (MS), demanda química de oxígeno (DQO), carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO) y turbidez. El pH se midió por colorimetría; los sólidos totales por gravimetría; la MO, indirectamente a partir del análisis de DQO<sup>1</sup> (por oxidación del carbono presente en la materia orgánica mediante  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  y una titulación para calcular el % CO (Ecuación:  $\% \text{CO} = \frac{[V1 \text{ (ml)} * N1 \text{ (ml/eq)} - V2 \text{ (ml)} * N2 \text{ (ml/eq)} * 1/D] * P_{\text{meq C}} \text{ (g/meq)} * 100/A}{V}$ ), se determinó el contenido de MO de cada muestra usando el factor de corrección 2,23; por último se determinó la concentración en ppm:  $\text{mg O}_2/\text{L} = \frac{[8000 * (V \text{ muestras} - V \text{ blanco}) * T \text{ (Normalidad de la sal)}]}{V \text{ del NH}_4}$ ).

<sup>1</sup>DQO: Demanda Química de Oxígeno, parámetro utilizado para la determinación del nivel de contaminación de las aguas. Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio químico convirtiéndola en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Se considera contaminada cuando alcanza valores mayores a 20 mg/L.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### De la revisión bibliográfica

En cuanto al trabajo con la terminología para conformar las distintas estrategias de búsqueda y así consultar las diferentes fuentes de información (bases de datos y plataformas) para realizar de las búsquedas bibliográficas, se llegó al siguiente corpus tanto para la lengua natural (expresada en las palabras claves, títulos y resúmenes de la bibliografía preseleccionada) como para el lenguaje controlado presente en las materias y descriptores usados en las bases de datos y plataformas informacionales consultadas. Debido a la dispersión de los resultados por los significados de ciertos términos muy usados cotidianamente, se consultaron el Diccionario porcino (s.f.) y el tesoro multilingüe AGROVOC (FAO, s.f.). En la Tabla 1 se presenta el listado de términos de la lengua natural (palabras clave, sinónimos, ETPs) y descriptores del lenguaje controlado AGROVOC usados para realizar las estrategias de búsqueda.

**Tabla 1.** Terminología de la lengua natural utilizados en las búsquedas de información, representados por las palabras clave, sinónimos y Etiquetas Temáticas Personales (ETPs) y descriptores del lenguaje controlado AGROVOC Tesoro Multilingüe (FAO, s.f.).

Etiquetas Personales	Temáticas ETPs	SINÓNIMOS	PALABRAS CLAVE	DESCRIPTORES AGROVOC
Estrategias productivas		Producción de biogás Biodegradabilidad Compost/ compostaje/ abono/ fertilización Biofumigación		
Lagunas de tratamiento de desechos porcinos	de de	Producción de biogás Biodegradabilidad Compost/ compostaje/ abono/ fertilización Biofumigación		Gestión -ordenación de recursos -manejo de desechos -aprovechamiento de desechos -elaboración del compost -eliminación de desechos <b>-manejo de desechos agrícolas</b> (término preferente) -recogida de residuos -reducción de desechos -tratamiento aeróbico -tratamiento anaeróbico -tratamiento de desechos
Lagunas		Fosa		Tratamientos de desechos
Desechos		Purina (Diccionario porcino) Purín Purines	Aguas residuales purines <b>efluentes</b> estiércoles excretas/excrementos residuos heces orina desperdicios cochineras porquerizas	
Porcinos		Cerdos suinos Chanchos Puercos		
Etiquetas Personales	Temáticas ETPs	SINÓNIMOS	PALABRAS CLAVE	DESCRIPTORES AGROVOC
Granjas porcinas		Producción porcina Establecimiento porcino Criadero porcino		
Provincia de Buenos Aires		Bonaerense		

Debido a que no se podían mejorar las estrategias de búsqueda y a que los documentos recuperados no eran tan representativos, se decidió cambiar la manera de conformar el banco de documentos. A partir de las referencias bibliográficas citadas por los 5 documentos base y el artículo Pegoraro et al. (2020), a cada uno se le asignó un código (para poder identificar particularmente a cada uno de los

documentos listados por el título y los autores) y el tipo documental al que pertenece. En la **Tabla 2** se listan los materiales que se analizaron para conformar la revisión bibliográfica.

**Tabla 2.** Materiales analizados para la revisión bibliográfica

N°	Materiales analizados para conformar la revisión bibliográfica
1	Pegoraro, V. R. (2019). <i>Diagnóstico del manejo de efluentes porcinos e impacto de su valoración agronómica en el sistema suelo-planta (Córdoba, Argentina)</i> [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba]. <a href="https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/12864">https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/12864</a>
2	Pegoraro, V.; Cazorla, C; Baigorria, T. ; Boccolini, M. ; Ortiz, J. ; Hang, S. ; Bachmeier, O. ; Zubillaga, M. (2019). <i>Diagnóstico del manejo de efluentes porcinos e impacto de su valoración agronómica en la calidad del suelo (Córdoba, Argentina). Jornada Nacional de Agroalimentos y Sustentabilidad (JoNAS)</i> . Villa María: Universidad Nacional de Villa María. <a href="http://biblio.unvm.edu.ar/opac_css/index.php?vl=cmspage&amp;pageid=9&amp;id_notice=38554">http://biblio.unvm.edu.ar/opac_css/index.php?vl=cmspage&amp;pageid=9&amp;id_notice=38554</a>
3	Magri, L. I., Pegoraro, V. R., Contreras, C. I., & Barceló, C. (2022). <i>Los residuos pecuarios y las posibilidades de su valoración agronómica: Producción porcina</i> [Informe técnico]. AER Arrecifes, INTA. <a href="https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11353">https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11353</a>
4	Galván, M. J., Degano, S., Hilbert, J. A., & Montenegro, M. (2017). Caracterización y adaptación de sustratos de faena porcina para la producción de biogás mediante digestión anaeróbica. <i>4o. Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables, Villa María</i> , 14 al 16 de junio de 2017. 8 p. <a href="https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9417">https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9417</a>
5	Fernández, M., Millán, G. J., Calvetty Ramos, M., Basso, M., & Mouteira, M. C. (2018, 16 de agosto). Efectos sobre el suelo de efluentes de producción porcina intensiva. <i>XIX Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas, VI Jornada Latinoamericana, IV Jornadas de Ciencia y Tecnología y III Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias (Facultad de Ciencias Veterinarias y Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario) (Casilda y Zavalla</i> , 16 y 17 de agosto de 2018). <a href="http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69387">http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69387</a>
6	Pegoraro, V, Cazorla, C. R., Masino, A., Alladio, M., Cottura, G., Bachmeier, O., Hang, S., Muñoz, S., & Zubillaga, M. S.. (2020). Diagnóstico del manejo de los efluentes porcinos generados en la provincia de Córdoba. <i>RIA. Revista de investigaciones agropecuarias</i> , 46(3), 362-370. <a href="http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1669-23142020000300362&amp;lng=es&amp;tlng=">http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1669-23142020000300362&amp;lng=es&amp;tlng=</a>

Como resultado de la revisión bibliográfica, se obtuvo un CORPUS DOCUMENTAL de 25 documentos luego de trabajar con la bibliografía citada de 7 documentos: los 5 documentos base, 1 artículo actualizado de Pegoraro et al. (2020) y este Trabajo Final de Carrera a Dúo. La revisión estuvo compuesta por:

- ✓ 104 documentos
- ✓ 220 autores (210 personales, 10 institucionales: 4 extranjeros, 6 argentinos)
  - mencionados 5 veces: 1 (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA])
  - mencionados 4 veces: 3 (Lloveras, J.; Santiveri, F.; Teira-Esmatges, M. R.)

- mencionados 3 veces: 10 (Beyli, M.E.; Boixadera Llobet, J.; Flotats, X. [Flotats Ripoll, Xavier]; Ghezan, G.; Gómez-Garrido, M.; Iglesias, D. H.; Millares, P.; Ministerio de Economía. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP); Organisation for Economic Co-operation and Development [OCDE] - Food and Agriculture Organization [FAO]; Palatsi, J)
- mencionados 2 veces: 22 (Biau, A.; Bigeriego Martín de Saavedra, M.; Canales Canales, C.; Colmenares Planás, M.; García Sanz, I.; Gil, S.B.; Herrero, M.A.; Mijangos, I.; Pegoraro, V.)
- mencionados 1 vez: 174

En la **Tabla 3** se exponen los autores más destacados teniendo en cuenta los siguientes criterios: a) El mismo trabajo citado por distintos documentos; b) El mismo autor citado por bibliografía distinta; c) Todos los autores mencionados de 5 a 3 veces; d) Aquellos trabajos que fueron citados por el TFC-BGF-2024. Además, se indicaron con un asterisco aquellos documentos que forman parte de las referencias bibliográficas de este TFC.

**Tabla 3.** Documentos seleccionados para conformar la revisión bibliográfica sobre “Estrategias productivas que reduzcan el impacto ambiental de las lagunas de granjas porcinas en confinamiento, en la provincia de Buenos Aires”.

N°	Cita bibliográfica
1	Biau, A., Santiveri, F., Mijangos, I., & Lloveras, J. (2012). The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions. <i>European Journal of Soil Biology</i> , 53, 56–61. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.08.008">https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.08.008</a> *
2	Beily, M. E. (2015). <i>Caracterización de efluentes de cerdos, con énfasis en su biodegradabilidad anaeróbica</i> [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Buenos Aires]. <a href="https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2080">https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2080</a>
3	Beyli, M. E.; Brunori, J.; Campagna, D.; Cottura, G.; Crespo, D.; Denegri, D.; Ducommun, M. L.; Faner, C.; Figueroa, M. E.; Franco, R.; Giovannini, F.; Goenaga, P.; Lomello, V.; Lloveras, M.; Millares, P.; Odetto, S.; Panichelli, D.; Pietrantonio, J.; Rodríguez Fazzone, M.; Suárez, R.; Spiner, N.; Zielinsky, G. (2012). <i>Buenas Prácticas Pecuarias Porcinas para la producción y comercialización porcina familiar</i> . ONU; FAO; INTA. <a href="https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/189924">https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/189924</a> *
4	Boixadera Llobet, J., y Teira-Esmatges, M. R. (2001). Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Universitat de Lleida.
5	Bosch-Serra, A. D., Ortiz, C., Yagüe, M. R., & Boixadera, J. (2015). Strategies to optimize nitrogen efficiency when fertilizing with pig slurries in dryland agricultural systems. <i>European Journal of Agronomy</i> , 67, 27–36. <a href="https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.03.003">https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.03.003</a>
6	Campos, E., Palatsi, J., Illa, J., Francina, S., Magrí, A., y Flotats, X. (2004). Guia dels tractaments de les dejeccions ramaderes. (X. Flotats, Ed.). Lleida. <a href="http://www.arc-cat.net/ca/altres/purins/quia/pdf/quia_dejeccions.pdf">http://www.arc-cat.net/ca/altres/purins/quia/pdf/quia_dejeccions.pdf</a>
7	Cela, S., Santiveri, F., & Lloveras, J. (2011). Residual effects of pig slurry and mineral nitrogen fertilizer on irrigated wheat. <i>European Journal of Agronomy</i> , 34(4), 257–262. <a href="https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.0033">https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.0033</a> *
8	Franco, R., & Panichielli, D. 2013. <i>Conceptos básicos para definir estrategias del manejo de efluente porcino. Sección porcina, aviar y feedlot</i> , tercer panel. INTA, EEA Marcos Juárez. [Diapositiva PowerPoint] <a href="https://docplayer.es/34345915-Conceptos-basicos-para-definir-estrategias-del-manejo-de-efluente-porcino.html">https://docplayer.es/34345915-Conceptos-basicos-para-definir-estrategias-del-manejo-de-efluente-porcino.html</a>
9	García Sanz, I., Bigeriego Martín de Saavedra, M., Canales Canales, C., y Colmenares Planás, M. (2010). <i>Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino</i> . Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <a href="https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/GuiaMTDsSectorPorcino_tcm30-105316.pdf">https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/GuiaMTDsSectorPorcino_tcm30-105316.pdf</a> *
10	Gómez-Garrido, M. (2014). <i>Efectos ambientales de la valorización agronómica de purines de ganado porcino: Dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-agua-planta</i> . [Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena]. <a href="http://hdl.handle.net/10317/4080">http://hdl.handle.net/10317/4080</a> *
11	Herrero, M. A., & Gil, S. B. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. <i>Ecología Austral</i> , 18(3), 273–289. <a href="http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1667-782X2008000300003&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es">http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1667-782X2008000300003&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es</a> *

- 
- 12 Iglesias, D. H. & Ghezan, G. (2013). *Análisis de la cadena de carne porcina en Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_cadena\\_de\\_carne\\_porcina\\_n12.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_cadena_de_carne_porcina_n12.pdf) (<https://www.scribd.com/document/407822584/script-tmp-inta-cadena-de-carne-porcina-n12-pdf>) \*
- 
- 13 Maisonnave, R., Millares, P., & Lamelas, K. (2015). *Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Efluentes Porcinos*. Ministerio de Agroindustria. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion\\_interes/archivos/000000\\_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20deManejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/archivos/000000_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20deManejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf)
- 
- 14 Millares, P. (2011). *Manejo de efluentes*. Informe de actualización técnica N° 20. Fericester. EEA INTA Marcos Juárez. [Diapositiva PowerPoint] <https://docplayer.es/58776343-Manejo-de-efluentes-fericester-2011-EEA-marcos-juarez.html>
- 
- 15 Ministerio de Economía. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGyP]. (2020). *Anuario Porcino 2020*. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos/000005-Anuario/200000\\_Anuario%202020.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos/000005-Anuario/200000_Anuario%202020.pdf)
- 
- 16 MAGyP. (2022). *Anuario Porcino 2022*. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos/000005-Anuario/220000\\_Anuario%202022.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos/000005-Anuario/220000_Anuario%202022.pdf)
- 
- 17 MAGyP. (2023). *Información estadística*. <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/>
- 
- 18 Palatsi, J., Illa, J., Prenafeta-Boldú, F. X., Laurení, M., Fernández, B., Angelidaki, I., & Flotats, X. (2010). Long-chain fatty acids inhibition and adaptation process in anaerobic thermophilic digestion: Batch tests, microbial community structure and mathematical modelling. *Bioresource Technology*, 101(7), 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.069>
- 
- 19 Pegoraro, V., Cazorla, C.R., Masino, A., Alladio, M., Cottura, G., Bachmeier, O., Hang, S., Muñoz S., & Zubillaga, M. S. 2020. Diagnóstico del manejo de los efluentes porcinos generados en la provincia de Córdoba. RIA. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 46(3), 362-370. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v46n3/0325-8718-RIA-46-03-00362.pdf>
- 
- 20 Rizzo, P. F., Young, B. J., Pin Viso, N., Carbajal, J., Martínez, L. E., Riera, N. I., Bres, P. A., Beily, M. E., Barbaro, L., Farber, M., Zubillaga, M. S., & Crespo, D. C. (2022). Integral approach for the evaluation of poultry manure, compost, and digestate: Amendment characterization, mineralization, and effects on soil and intensive crops. *Waste Management*, 139, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.017>
- 
- 21 Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA]. (2011). *Resolución 264/2011. Reglamento para el Registro de Fertilizantes, Enmiendas, Sustratos, Acondicionadores, Protectores y Materias Primas en la República Argentina*. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/182156/texact.htm> \*
- 
- 22 SENASA. (2020). *Estratificación de establecimientos porcinos*. <https://www.argentina.gob.ar/senasa/porcinos-sector-primario> \*
- 
- 23 Teira-Esmatges, M. R. (2008). *Informe para la mejora de la gestión de los purines porcinos en Cataluña*. Generalitat de Catalunya, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. [https://www.researchgate.net/profile/Albert-Magri/publication/233425566\\_Lastecnologias\\_aplicables\\_en\\_el\\_tratamiento\\_de\\_los\\_purines\\_Un\\_elemento\\_clave\\_para\\_mejorar\\_su\\_gestion/links/0c9651c1f170a4827000000/Las-tecnologias-aplicables-en-el-tratamiento-de-los-purines-Un-elemento-clave-para-mejorar-su-gestion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Albert-Magri/publication/233425566_Lastecnologias_aplicables_en_el_tratamiento_de_los_purines_Un_elemento_clave_para_mejorar_su_gestion/links/0c9651c1f170a4827000000/Las-tecnologias-aplicables-en-el-tratamiento-de-los-purines-Un-elemento-clave-para-mejorar-su-gestion.pdf) \*
- 
- 24 Vavilin, V. A., Fernández, B., Palatsi, J., & Flotats, X. (2008). Hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic material: An overview. *Waste Management*, 28(6), 939–951. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.03.028>
-

- 
- 25 Yagüe, M. R., Bosch-Serra, À. D., Antúnez, M., & Boixadera, J. (2012). Pig slurry and mineral fertilization strategies' effects on soil quality: Macroaggregate stability and organic matter fractions. *Science of The Total Environment*, 438, 218–224.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.063>
-

En base a la revisión y lectura de los documentos mencionados se pudieron discutir, cada uno de los objetivos propuestos en el Trabajo Final de Carrera, a dúo.

### *Descripción de los sistemas actuales en confinamiento en la provincia de Buenos Aires*

Un 75% de la producción porcina argentina se encuentra distribuido en cinco provincias, 24% en Buenos Aires, 24% en Córdoba, 14 % en Santa Fe, 8 % en Entre Ríos y 5 % en Chaco (MAGyP, 2022). Estas existencias porcinas se distribuyen en el país en 97.680 unidades productivas (UPs), de las cuales el 17,17 % se concentran en la provincia de Buenos Aires (MAGyP, 2022; SENASA, 2020).

Se estimaron la cantidad de efluentes producidos por la industria porcina, a partir de conocer el número real de animales que se encuentran confinados completa o parcialmente en criaderos de la provincia de Buenos Aires. De este modo, según las existencias porcinas recabadas por MAGyP (2023), se encuentran 5.887.401 cabezas en el país, de las cuales el 23,4%, es decir 1.380.440 cabezas, pertenecen a la provincia de Buenos Aires. A su vez, dentro del territorio bonaerense se encuentran el mayor número de unidades productivas (UP), un total de 16.215 establecimientos de los 97.268 habilitados en el país.

Según los datos de MAGyP (2020), el 76,6% de los establecimientos de la provincia de Buenos Aires tiene hasta 10 madres, el 18,8% entre 11 y 50 madres, el 3,07% entre 51 y 100 madres, el 1,26% con 101 a 500 madres y solo el 0,23% del total tienen más de 500 reproductoras en confinamiento.

Debido a la alta demanda que genera la carne de cerdo, en conjunto con las reducidas superficies destinadas a su producción y el aumento de tecnificación en los sistemas productivos, los productores concentran sus animales en sistemas confinados para suplir estas necesidades. De esta manera, encuentran el modo de aumentar el número de madres sin necesidad de arrendar más tierras. Este cambio de paradigma, pone en manos de los productores a su vez un cambio tecnológico muy importante que incluye aprender a manejar y a reutilizar los efluentes que generan este tipo de tecnologías abocadas a la producción, los cuáles sin un tratamiento adecuado, resultará de una posible fuente de contaminación, con un consecuente deterioro de la salud del medio ambiente (Vicari 2012; Lazzaroni, 2022).

Según la dimensión de las explotaciones, Guardia López (2019) las caracteriza de manera que aquellas que cuenten con menos de 10 madres, son sistemas de cría extensivos, con empleo mano de obra familiar que complementan a otras actividades; entre 10 y 50 madres, son explotaciones de pequeña escala como actividad adicional, que se basa en sistemas de engorde extensivos; los establecimientos de 50 a 100 madres son sistemas de engorde mixtos (extensivos y confinados); entre 100 y 500 cerdas, son explotaciones comerciales que integran todas las etapas del ciclo (cría, recría y engorde); finalmente, los que presentan más de 500 cerdas son granjas comerciales con genética avanzada, alimentación a través de balanceado, presencia de controles sanitarios rigurosos y buenas prácticas en el manejo productivo.

### *Caracterización del efecto negativo de los efluentes porcinos en el ambiente*

#### *Cantidad de efluente producido*

A los fines prácticos, Gallo & Gallo (2016), por medio de análisis de datos recabados del Comité Nacional de Porcicultores, concluyeron que se producen aproximadamente un promedio de 20 l de efluentes/día/animal en los sistemas de confinamiento; entendiéndose por unidades productivas confinadas, aquellas que exceden las 100 madres, según lo estudiado por Brunori (2013) para INTA Marcos Juárez y De Ladaga y Marra (2023), se pudo calcular el total de residuos generado por sistemas que se abordan de esta manera.

Las existencias porcinas brindadas por SENASA en el año 2020, dejaron un total de 285 unidades productivas que presentan esta característica de manejo, abarcando un total de 569.007 animales; de esta manera, se calculó que la provincia de Buenos Aires, produce 11.380.140 litros de efluentes por día (Lo Papa & Marcelino, Com. Pers. 2023).

Gallo & Gallo (2016), mencionan la importancia de saber cuántos residuos quedan luego de los lavados de las jaulas en las producciones porcinas que son confinadas durante todo el ciclo reproductivo y productivo; como así también, aquellas que utilizan la modalidad mixta, es decir, algunas etapas del ciclo son estabuladas y otras a campo, estas también generan desechos de consideración.

### *Composición del efluente*

Todos los autores coinciden en que la composición del efluente y la cantidad producida por día, está determinada por la raza, el peso del animal, el sexo, la edad, el estado fisiológico, el sistema de producción en el que se encuentra, la dieta, el estado de los bebederos, la época del año, el sistema de limpieza, el tiempo de residencia del efluente (Beily 2015; Gallo & Gallo 2016; Maisonnave et. al. 2015; Vicari 2012).

Los residuos de la producción de cerdos, no están únicamente compuestos por las heces y el orín de los animales; en los sistemas confinados debe considerarse el agua proveniente del lavado de los galpones, según menciona Millares (2011), las relaciones son de 1:6 a 1:18 l de agua de lavado/l de purín. Además, también contiene restos de comida y agua para consumo que fue desperdiciada, lo que varía según los sistemas de comederos y bebederos. En relación a la proporción de efluente que corresponde a los desechos producidos por los animales, un 40 % es de heces sólidas y un 60 % de orina, según indica Maisonnave et. al. (2015).

Tanto Beily (2015); Gallo & Gallo (2016) y Vicari (2012), coinciden que el purín está compuesto por grandes cantidades de hidratos de carbono, lípidos, aminoácidos, urea, compuestos azufrados, y contenidos elevados de fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y sodio; también contiene micronutrientes como hierro, zinc, cobre y manganeso. Además, Beily (2015) agrega que contiene cantidades trazas de elementos tóxicos como cadmio, plomo, arsénico o mercurio. Mientras que Vicari (2012) y Gallo & Gallo (2016) mencionan que los efluentes contienen una población microbiana de bacterias, virus y hongos.

En cuanto al contenido de nitrógeno y azufre en las heces, Maisonnave et. al. (2015) referencia que estas, provienen de las proteínas contenidas en la dieta, que varían con el crecimiento del cerdo, siendo un promedio de 20% de proteínas en fase de recría y hasta 15% en engorde. Sumado a esto, tanto Vicari (2012) como Gallo & Gallo (2016), mencionan que la elevada proporción de nutrientes en las excretas se debe a ineficiente asimilación de los cerdos, ya que del total de proteínas presentes en la dieta solo puede aprovechar el 33% para transformarlo en carne, el resto es eliminado un 51% en la orina y un 16% en las heces; de lo

eliminado un 34% se volatiliza en forma de amoníaco y un 32% se incorpora al suelo por percolación y absorción.

En la **Tabla 4**, se adjuntan los datos obtenidos del trabajo de Maisonnave et. al. (2015), que muestra la composición de las excretas porcinas en los distintos estados de crecimiento de los cerdos. Se refleja cómo son las cantidades producidas y cómo varía el contenido de materia orgánica y los nutrientes que son de interés agropecuario para realizar aplicaciones de efluentes como enmiendas orgánicas.

**Tabla 4.** Caracterización de las excretas porcinas según categoría

COMPONENTE	UNIDADES	RECRÍA	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	CACHORRAS REPOSICIÓN	PADRILLOS	CERDA GESTACIÓN	CERDA MATERNIDAD + LECHONES
			1	2	3				
			23-57KGS.	57-80KGS.	80-114KGS.				
<b>CANTIDAD</b>									
Peso	kg/día	1,68	2,73	3,64	4,27	3,73	3,73	3,73	11,82
Volumen	m3/día	0,0016	0,0027	0,0037	0,0042	0,0037	0,0037	0,0037	0,0116
Sólidos totales	kg/día	0,17	0,27	0,36	0,43	0,37	0,35	0,34	1,18
<b>MATERIA ORGÁNICA</b>									
Sólidos volátiles	kg/día	0,14	0,25	0,33	0,39	0,33	0,31	0,30	1,05
DQO	kg/día	0,15	0,27	0,37	0,44	0,35	0,25	0,33	1,14
<b>C:N</b>		8	7	7	7	7	6	6	7
<b>NUTRIENTES</b>									
N	kg/día	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08
P	kg/día	0,004	0,007	0,009	0,011	0,009	0,009	0,009	0,029
K	kg/día	0,005	0,010	0,013	0,015	0,015	0,018	0,017	0,055

Producción diaria promedio por categoría de peso. Incrementar sólidos y nutrientes un 4% por cada 1% de pérdida de alimento por encima del 5%.

Fuente: OSU-F1735, adaptado.

DQO: Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Maisonnave et. al (2015).

### *Impacto ambiental*

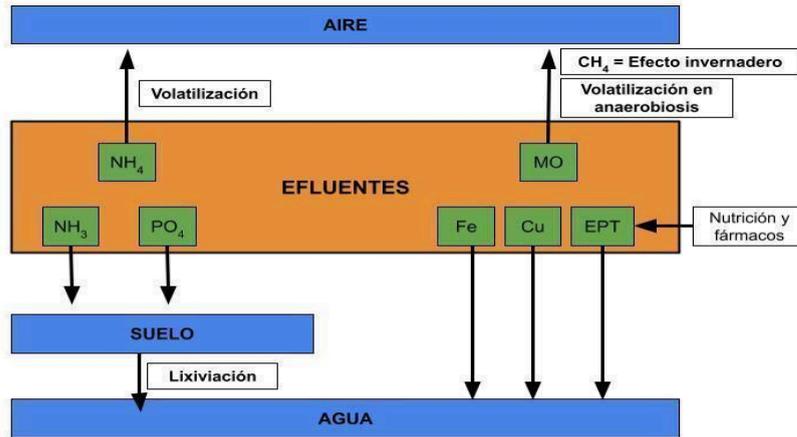
Los efluentes son estudiados por diferentes autores debido a su gran impacto negativo en el ambiente; todos coinciden que este impacto se debe principalmente a la incorrecta forma de almacenar estos residuos, como también al mal manejo de estos al ser aplicados como abonos, sin tratamiento previo.

Tanto Gallo & Gallo (2016), como Vicari (2012), marcan los parámetros que definen a los efluentes como potencialmente tóxicos, entre ellos se encuentran: alto contenido de materia orgánica, alto contenido de macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn), emisiones de gases con efecto invernadero

(amoníaco, metano y óxido nitroso) y compuestos fácilmente volatilizables como amonio, presencia de metales pesados como el cobre, y también de pesticidas.

Según Fernandez et al., (2018) los aspectos de posibles riesgos ecológicos más estudiados de la producción de cerdo son la acumulación de nutrientes en el suelo y la contaminación de aguas, producto de la lixiviación y/o escurrimiento superficial, problemas de degradación física del suelo, deterioro de la cobertura vegetal y contaminación del aire. Esto se correlaciona con lo propuesto por Beily (2015), que destacó que las principales fuentes de contaminación en el agua y en el suelo, a partir de desechos arrojados a fosas comunes o directamente al medio, sin recibir ningún tratamiento, se da por nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P), cobre (Cu), hierro (Fe), entre otros elementos potencialmente tóxicos (EPT). Mientras que el impacto del N y P se da por la forma en la que se presentan, dado que el nitrógeno en los efluentes porcinos se encuentra como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) soluble y, por lo tanto, susceptible a la lixiviación y contaminación de acuíferos; del mismo modo, el P presente en forma de fosfato provoca la eutrofización del ecosistema acuático superficial, disminuyendo la concentración de oxígeno, provocando la mortandad de peces. En el caso del Fe, Cu y demás elementos potencialmente tóxicos, la contaminación se da por su alta concentración en los efluentes provenientes de la nutrición animal o los fármacos utilizados.

Beily (2015), también remarcó la contaminación que generan en el aire, dada por el N que se encuentra en el purín en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) en solución, que en determinadas condiciones de temperatura y pH se volatiliza como gas amoniacal y óxido nitroso; también el carbono contenido en la materia orgánica se volatiliza en anaerobiosis como gas metano ( $\text{CH}_4$ ) contribuyendo al efecto invernadero. Además, se generan malos olores producidos por compuestos orgánicos, compuestos azufrados y aminas; pudiendo también contener microorganismos patógenos que pueden llegar a la atmósfera. El proceso descrito se presenta en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Proceso de contaminación ambiental producido por los efluentes en criaderos porcinos confinados.

### *Distintos tratamientos de efluentes porcinos*

Cada establecimiento porcino en confinamiento cuenta con un sistema de recolección de efluentes para brindar un ambiente agradable, limpio y sano a los cerdos en producción (Maisonave et al., 2015). Es por esto, que los galpones de confinamiento cuentan con pisos ranurados o compactos, pero con pendientes del 1 al 3%, que permiten recolectar todos los residuos con el agua de lavado en fosas. El tipo de sistema va a depender del posterior almacenamiento y manejo que se le dé al residuo.

Es importante mencionar que las fosas tienen una función de almacenamiento del efluente y que, en algunos casos son un sistema de acondicionamiento o pre-tratamiento (Maisonave et al., 2015); pero hay muchos productores que no poseen un tratamiento posterior y almacenan durante tiempos prolongados el efluente en estas fosas o lagunas sin impermeabilizar, provocando riesgos de filtración y contaminación directa hacia cursos de agua superficiales o subterráneas (Pegoraro et al., 2020).

Por otro lado, cabe aclarar que se denomina “tratamiento de los efluentes” al manejo que se da a los residuos de la producción, para reducir los riesgos de contaminación y cumplir con las leyes vigentes. A través de los años se han desarrollado diversas tecnologías tendientes a solucionar este problema, por medios físicos, químicos y biológicos, cada uno con ventajas y desventajas sobre otros

(Hernandez Espinoza et al. 2019). Maisonnave et al. (2015), mencionan que los objetivos del tratamiento de excretas pueden ser muy variados, aunque en ocasiones no están relacionados con una exigencia legal o regulatoria sino con pautas de manejo de los valiosos nutrientes contenidos en las mismas.

En Argentina la Reglamentación Nacional vigente comprende la “Ley de Residuos Peligrosos” (Ley 24.051) (Presidencia de la Nación; Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 1992), y la “Ley General del Ambiente” (Ley 25.675) (Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002). La primera considera que los residuos generados por la producción porcina corresponden a la categoría de peligrosos, pero la provincia de Buenos Aires no adhirió al régimen de esta ley, por lo que deberá referirse a la normativa provincial competente (Ley de Residuos Especiales – Ley 11.720) (Honorable Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. 1995), para establecer exactamente cómo tratar este tipo de residuo. Por otro lado, la Ley 25.675 establece la obligatoriedad de estudios de impacto ambiental (EIA) y del resguardo del medioambiente, siendo esta de carácter general y de estricta aplicación en todas las provincias (Fleite & García, 2021).

Particularmente, en provincia de Buenos Aires la normativa aplicable está relacionada a dos organismos: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) y Autoridad del Agua (ADA). Con relación a la OPDS, se encuentra la Ley 11.723 (Ley integral del medio ambiente y los recursos naturales Decreto 4.371/95 – Reglamentario) que otorga la autorización de sancionar a aquellos que generen un daño ambiental, encargándose este organismo del cuidado y protección del ambiente, aprobación de EIA, otorgando los permisos para operar. En cuanto al ADA, abarca la Ley 12.257 (Código de aguas de la provincia de Buenos Aires Ley 5.965 y decretos 2.009/60 y 3.970/90 – Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua, y a la atmósfera), que establece a este organismo como autoridad competente sobre toda política, control, y protección de los cuerpos de agua; indica que esta se encarga de regular la disposición de efluentes líquidos, de producciones como los feedlots, tambos y criaderos de cerdos. La Res. 336/2.003 establece los parámetros de descarga admisibles o límites de vuelco, expresados en concentración, aplicables para este tipo de actividades agropecuarias. En la Res. 333/2.017 se definen los requisitos para la gestión de un permiso de vuelco, conjuntamente con otras formas de afectación del recurso hídrico

(extracción y uso); además, establece una clasificación del riesgo esperado en función de tres ejes principales de análisis. La ya citada Ley 5.965 y sus Decretos reglamentarios 2.009/60 y 3.970/90, establecen las condiciones a las que deben ajustarse los vuelcos de efluentes al ambiente, ya sean líquidos o gaseosos, entre estas se encuentran condiciones mínimas de temperatura nunca superior a 45°C, pH comprendido entre 6,5 y 10, no se admitirá la descarga de sustancias nocivas mal olientes, inflamables, explosivas o capaces de producirlas, tampoco efluentes muy coloreados, entre otras (Fleite & García, 2021).

Volviendo a los tipos de tratamientos, según Maisonnave et al., (2015) el sistema a emplear está determinado por el contenido de sólidos de las excretas que se desean tratar, ya que el estado físico puede variar entre líquido-semilíquido-semisólido-sólido presentando particularidades en la conducción y tratamiento de los mismos. Para estos autores, los tratamientos pueden consistir en la separación de sólidos, el compostaje de excretas, lagunas de tratamiento y digestión anaerobia. Por otro lado, para Vicari (2012), la elección del método de tratamiento también dependerá del clima, ubicación de la napa freática, características del efluente a tratar, ubicación y tamaño del establecimiento; además, se deben analizar los costos de inversión y mantención, y aspectos operativos como mano de obra, equipos necesarios, superficie disponible para el almacenamiento del efluente y el tiempo de residencia. Vicari (2012), divide el sistema de tratamiento en dos etapas, una de tratamiento primario y otra de tratamiento secundario; en la primera consiste en procesos físicos como como el filtrado, el tamizado y la sedimentación, con el objetivo de la equalización del flujo y la eliminación de una fracción de los sólidos gruesos en suspensión y de la materia orgánica del efluente, para que luego tenga lugar la degradación biológica o su aplicación directa al suelo; El tratamiento secundario, tiene el objetivo de eliminar los sólidos en suspensión, los compuestos orgánicos biodegradables y nutrientes (principalmente N y P), y consiste en la transformación biológica de materia orgánica compleja a material estable (orgánica simple o bien, inorgánica), la cual puede llevarse a cabo a través de lagunas de estabilización, biodigestores o compostaje.

### *Lagunas*

Las lagunas de recolección y posterior tratamiento de efluentes porcinos percibidos en las granjas llevan adelante como objetivo, ir decantando las fases

sólidas para el aprovechamiento del fluido en diversas actividades, tales como, riego, limpieza de instalaciones, entre otros. Según lo analizado por Millares (2011), y citado posteriormente por Vicari (2012) y Panero (2022), en Argentina, gran parte de los tratamientos de efluentes son por medio de sistemas de lagunas, debido a que es una técnica simple y sencilla que permite eliminar contaminantes como patógenos y microorganismos que atentan contra el ambiente. Para ello, se debe tener en cuenta que las mismas deben estar correctamente impermeabilizadas, para evitar la contaminación de las napas freáticas, problema más frecuente en términos de residuos provenientes de animales confinados. Vicari (2012) recomendó que previamente se pueda evaluar la posibilidad de obtener purines con bajas concentraciones de carga orgánica, mediante la separación de sólidos por tratamiento primario. Bajo este tratamiento, se obtiene guano y aguas residuales por separado, mientras que el guano puede ser utilizado como fertilizante, el agua residual se podrá tratar en estas lagunas.

El Ministerio de Agroindustria (2015), destacó la importancia de diferenciar los conceptos de “lagunas de tratamiento” y “fosa de almacenamiento”. En Argentina, se utilizan mayormente las fosas de almacenamiento, que solo cumplen la función de recibir y contener los efluentes producidos; mientras que las lagunas según lo estudiado por Franco & Panichielli (2013), tienen como objetivo buscar la estabilización biológica de los desechos y generar el menor impacto posible, para ello deben contar con un material impermeabilizante que lo aisle del suelo. Estos autores, en consecuencia, diferenciaron que dentro de los establecimientos se encontraban con 3 tipos de lagunas de tratamientos:

- *Lagunas anaeróbicas*: no hay presencia de oxígeno, por ende, deben ser profundas (3 metros) para mantener la anaerobiosis. Presentan una DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) inicial de 15.000 ppm y final de 1500 ppm. Profundidad aproximada entre 2,5 a 3,5 metros.

- *Lagunas facultativas*: tienen una profundidad intermedia (2 metros). Pueden presentar oxígeno en ciertos momentos, pero no de manera constante. La DBO inicial es 1500 ppm y la final de 300 ppm. Profundidad aproximada entre 1,5 a 1,8 metros.

- *Lagunas aeróbicas*: se dan ante la presencia de oxígeno, con una profundidad menor (0,5 metros). La DBO final es de 90 ppm, ya que tiene un rol más importante la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Profundidad aproximada entre 0,5 a 0,75 metros.

Lafata (2016), estudió la capacidad de retención que deberá tener una laguna para poder calcular el costo de colocación y mantenimiento. Bajo esta premisa, tuvo en cuenta que para un total de 1.836 kg de efluentes/día, con una densidad aproximada de 1 g/cm<sup>3</sup>, se necesita una laguna anaerobia de 26 metros (m) de ancho por 51 m de largo, con una profundidad de 4 metros y una laguna aerobia facultativa de 11 metros de ancho por 22 m de largo con una profundidad de 2 m.

En base a los conceptos de Lafata (2.016), las autoras calcularon la cantidad de lagunas necesarias para la provincia de Buenos Aires. A partir de los 11.380.140 litros (L) de efluentes por día producidos en la provincia, se requieren de 6.198 lagunas, correspondiendo las anaerobias a una superficie de 822 hectáreas (ha) para contener un volumen de 29.156.960 m<sup>3</sup>; del mismo modo, se calculó el área ocupada por las lagunas aerobias facultativas que resultó de 150 ha, conteniendo 2.999.832 m<sup>3</sup> (Lo Papa & Marcelino, Com. Pers. 2023).

De Ladaga & Marra (2023) explican sobre el funcionamiento de estas lagunas, en ellas no sólo se acumula líquido sobrenadante, sino que también los sólidos sedimentan y se van compactando, formando un lodo en el fondo. Con relación a las lagunas de tipo anaeróbicas se produce una alta degradación de sólidos, por intervención de un consorcio de bacterias. En cambio, en las lagunas facultativas se logra la remoción de la DBO (demanda biológica de oxígeno) debido a la baja carga orgánica superficial (proveniente de la etapa anterior) que permite el desarrollo de una población algal activa; de este modo, se da la simbiosis entre algas y microorganismos, las algas son las generadoras del oxígeno requerido por las bacterias heterotróficas para remover la DBO soluble. Por último, la laguna aerobia o de maduración contiene bacterias y algas en suspensión, la presencia de oxígeno contribuye a la remoción de nitrógeno (N), fósforo (P) y patógenos.

### *Biodigestor*

El biodigestor comprende uno de los tratamientos biológicos de digestión anaerobia. Tal como lo define Chorkulak (2016) y Lazzaroni (2022), este es un

recinto o unidad que está herméticamente cerrado para generar las condiciones de anaerobiosis en donde se desarrollan microorganismos que llevan a cabo la degradación de la materia orgánica, dando como resultado la producción de biogás y un subproducto (lodo). Por lo tanto, Lazzaroni (2022) define al biogás como una mezcla de gases obtenida por degradación microbiana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Todos los autores coinciden en que está formado por metano ( $\text{CH}_4$ ) en un 50-70% y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en un 27-45% (Maisonave et. al. 2015; Chorkulak et al., (2016); Gallo & Gallo (2016); Lazzaroni (2022); Romat, et al. 2022); además, Chorkulak (2016) y Lazzaroni (2022) agregan que también está compuesto por pequeñas proporciones de hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). En cuanto al material acuoso que resulta de la biodigestión, Lazzaroni (2022) menciona que este es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, y que presenta una alta calidad agronómica, ya que mejora la absorción de nutrientes y promueve el crecimiento de tallos, frutos y raíces; esto se correlaciona con lo expuesto por Gallo & Gallo (2016), que afirman que este puede ser directamente usado como abono y acondicionador del suelo, ya que el nitrógeno se torna más disponibles, mientras que otros elementos como el fósforo y el potasio no se ven afectados en su contenido y su disponibilidad.

Según Gallo y Gallo (2016), se pueden identificar tres tipos diferentes de biodigestores en función a su frecuencia de cargado: a) *discontinuos*, que se cargan una sola vez y se renueva la materia orgánica cuando se ha dejado de producir gas, por lo que su uso se recomienda cuando es limitada o intermitente la cantidad de materia orgánica; b) *semicontinuos*, se cargan en lapsos cortos de 12 horas, 1 vez al día, o cada dos días, se utiliza cuando la disponibilidad de materia orgánica es constante; y c) *continuos*, que se cargan permanentemente, y tienen como finalidad de tratamiento de aguas residuales o efluentes de actividades pecuarias intensivas a gran escala. Maisonave et. al. (2015), agrega que para fermentaciones en seco con concentraciones de sólidos totales mayores al 20% se utilizan los biodigestores de carga discontinua o los semicontinuos, mientras que para fermentaciones húmedas de aguas residuales se utilizan los de carga continua o semicontinua. Chorkulak (2016), menciona que el 80% de los biodigestores difundidos a nivel mundial pertenecen a 2 modelos, el chino y el hindú, ambos son de carga semicontinua; por otra parte, según Maisonave et al. (2015) para los efluentes porcinos en nuestro

país y otros de Latinoamérica en general, los más utilizados son los de carga continua, del tipo laguna con fondo y cubierta de Membrana o modelo canadiense.

Chorkulak (2016) menciona cuales son los componentes de un biodigestor, y destaca una cámara de carga donde se almacena el material, estas son variables en volumen dependiendo el digestor y presentan sistema de alimentación de agua para realizar las disoluciones del material y algún mecanismo o instrumento de agitación para homogeneizar la carga; luego está la bomba que se encarga de ingresar el material y pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo; por último está la cámara de digestión, que su diseño y dimensión depende del uso que se le dé, pero debe tener como mínimo un volumen de 2 a 3 veces superior al de descarga diario. Además, la cámara de digestión debe ser impermeable al agua y al gas para evitar las pérdidas del líquido en digestión y pérdidas de gas que disminuirán la eficiencia y provocaría riesgo de explosiones; debe tener un aislante para las pérdidas de calor para lograr mayor eficiencia; debe presentar la mínima relación superficie/volumen, a fin de ahorrar material y mano de obra, como así también reducir la superficie de intercambio de calor; también debe presentar estabilidad estructural, capaz de soportar cargas estáticas y dinámicas.

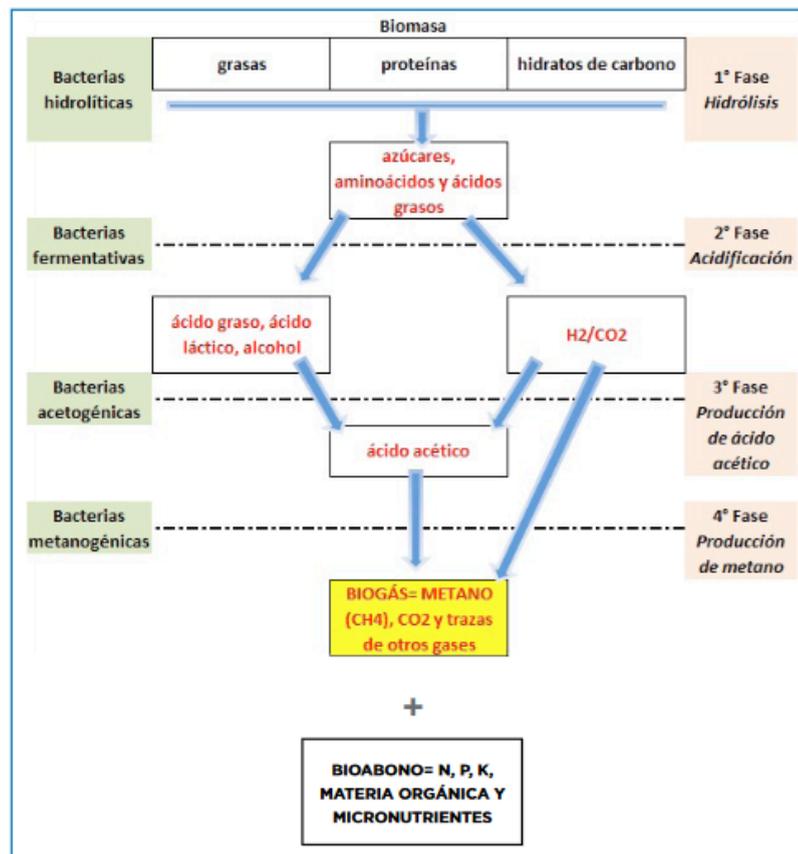
El proceso de biodigestión anaerobia se divide en fases según los procesos que ocurren, y estas son llevadas a cabo por diferentes grupos de bacterias. En la **Figura 2** se detalla el esquema propuesto por Maisonnave et al. (2015), que divide el proceso en cuatro etapas, mientras que Chorkulak (2016) y Lazzaroni (2022), lo dividen en tres, pero los procesos que mencionan son los mismos:

1. *Hidrólisis y fermentación*: primero un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias hidrolizan las largas cadenas de moléculas solubles en agua, como las grasas, proteínas y carbohidratos, transformándolos en monómeros y compuestos simples solubles, por lo que la materia orgánica es descompuesta por la acción de enzimas extracelulares (celulasa, amilasa, proteasa y lipasa). Luego, las bacterias fermentadoras descomponen estos compuestos simples en ácidos grasos, ácido láctico, alcohol,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ .

2. *Acidogénesis, acetogénesis y deshidrogenación*: las bacterias productoras de ácidos son facultativamente anaerobias y pueden crecer en condiciones ácidas, estas convierten los productos intermedios de las bacterias de fermentación en ácido

acético, hidrógeno y  $\text{CO}_2$  que son los sustratos de las bacterias metanogénicas. Para producir ácido acético necesitan  $\text{O}_2$  y carbono, para lo que usan el oxígeno disuelto en la solución y, por lo tanto, crean una condición anaeróbica que es fundamental para los microorganismos productores de metano. Las bacterias involucradas son bacterias acetogénicas obligadas reductoras de protones de hidrógeno (sintroficas) y bacterias homoacetogénicas.

3. *Metanogénesis*: en esta etapa, gracias a la actividad de bacterias metanogénicas, que son anaerobias obligadas, se produce metano a partir de compuestos de bajo peso molecular, como el  $\text{CO}_2$ , el hidrógeno y el ácido acético obtenidos de la etapa anterior.



Fuente: David Wilken. Asociación Alemana de Biogás

**Figura 2.** Proceso de biodigestión anaerobia del biodigestor

Fuente: Maisonnave et al., (2015)

Las materias primas que se utilicen para alimentar al biodigestor pueden ser residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, forestal, doméstico u

otros. Estos deben permitir el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico, por lo que no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno, sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio otros elementos como azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno y níquel (Chorkulak 2016). Beily (2015), menciona que no todos los residuos tienen la misma capacidad para ser degradados por digestión anaeróbica, para propiciar un sistema de tratamiento anaerobio para determinado residuo, antes es importante caracterizar y evaluar su potencial metanogénico (producción específica última de metano para un tiempo de degradación infinito) y su biodegradabilidad (tendencia a ser biológicamente degradado). Lazzaroni (2022) demuestra que la biodigestión anaerobia de estiércol de cerdo junto al de las aves de corral, producen un mayor rendimiento de biogás y metano en comparación con los mismos residuos por separado. Esto permite diferentes posibilidades que se adaptan a las situaciones particulares de los productores, con posibilidad de mezclar residuos de diferentes producciones.

Nakasima-López et al., (2017) explican que, en el proceso de digestión anaerobia, es frecuente el uso de inoculantes microbianos; esto permite que el período de obtención de metano sea corto, se optimice el proceso y se incremente la producción de metano. El agregado de inóculo consiste en agregar microorganismos degradadores, que provienen de un tratamiento anaeróbico estabilizado al sustrato que está en proceso de digestión. Para tal fin, estos microorganismos se mantienen en un ambiente controlado que les permite ajustarse al tipo de sustrato que fue empleado para poder alcanzar un estado de equilibrio. Si solo fuesen excretas de cerdos, sería necesario el agregado de inoculantes.

Al pasar por el biodigestor lo que se producirá es biogás, que presenta un contenido energético de 6,0 - 6,5 kWh m<sup>-3</sup> y el equivalente de combustible es 0,60 - 0,65 l petróleo/m<sup>3</sup> biogás (Maisonave et. al. 2015).

Con relación al lodo que desecha el biodigestor, puede ser reutilizado con fines de enmiendas orgánicas.

## **Experiencias de pasantías en criaderos porcinos con manejo de efluentes con lagunas y biodigestor**

### *Lagunas del criadero PORCINAGRO, Daireaux*

El establecimiento de 150 animales en confinamiento utiliza lagunas para tratar los efluentes. Posee 5 galpones amplios, cada uno con una bandeja de desagote de desechos, seguido de un canal, que se ensancha en una pileta de retención de sólidos, que finaliza en un piletón común, donde se juntan los líquidos. Las piletas de sólidos comprendían un sistema de limpieza anual, con palas mecánicas. En cambio, para el manejo de los desagües de las fosas, se abrían cada 7- 10 días para el desagote, Por el contrario, en las maternidades o destete, se hacía cada 21 días un vacío sanitario.

En cuanto a las dimensiones de cada pileta son muy variadas, para los sólidos se dispone de profundidades que rondan los 4,5 m, mientras que para la laguna común la profundidad llega a los 5 m con longitudes aún mayores. Los piletones a su vez están protegidos con un nylon que impide la penetración de los residuos al suelo, y su función, además de retener, es poder utilizar los líquidos como fertilizante.

### *Biodigestor de la Escuela Salesiana de Del Valle*

La Escuela Agrotécnica Salesiana de Del Valle instaló un biodigestor con el objetivo de aprovechar los desechos de los animales de granja como fuente de energía, disminuir el impacto negativo de los efluentes en el ambiente y con fines educativos.

La materia prima utilizada diariamente para alimentar el equipo proviene de los residuos de la producción de 200 vacas de tambo, 1.000 ponedoras, suero de industria láctea y 35 cerdas reproductoras en confinamiento, a lo que se adiciona silo de maíz para equilibrar el contenido de sólidos. La provisión de excreta de la fosa de cerdos no proporciona materia prima suficiente para el uso optimizado del biodigestor por el reducido número de cerdas reproductoras.

El proceso comienza en la cámara de homogeneización, que tiene una capacidad de 24.000 litros. Esta recibe los residuos de todas las producciones, que son mezclados por el funcionamiento de una bomba, de esta manera se homogeniza el material y por medio de una caldera y un sistema de recirculación, se mantiene

constante la temperatura de la materia prima en 34°C. En estas condiciones de homogeneidad y temperatura adecuada, el líquido ingresa al biodigestor, el cual presenta una capacidad de 400.000 litros y es de sistema continuo. En el interior del equipo hay otra bomba, que se encarga de agitar el material para acelerar el proceso de fermentación, dado por las bacterias anaerobias que provienen de los residuos del tambo, ya que estas están presentes en el rumen de la vaca; las bacterias se encargan de degradar la materia orgánica para convertirla en metano, con un tiempo de retención de 20-25 días. Como resultado, se obtiene el biogás que pasa por 3 filtros: chip de madera, carbón activado y silicagel. Los productos obtenidos son dos: el biogás que se utiliza para alimentar una caldera de 80.000 calorías, para las duchas de 60 estudiantes del establecimiento educativo; y el biol, residuo líquido, que se almacena en un tanque y es utilizado para fertilizar lotes destinados a la siembra.

En esta Pasantía se efectuaron dos visitas al establecimiento; en la primera se conocieron las instalaciones y en la segunda (enero de 2023), se efectuó un muestreo de los efluentes a tres niveles: fosa de cerdos, fosa de homogeneización y por último, a la salida del biodigestor como biol.

### **Experiencia de pasantía de investigación sobre “Análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina”**

En la **Tabla 3** se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras de efluentes en las distintas etapas que atravesó la excreta: fosa de cerdos, fosa de homogeneización y el biol, a la salida del biodigestor.

Al analizar los resultados físico-químicos de las muestras en las tres instancias de desechos de los efluentes acuosos, se pudo caracterizar cómo era la materia prima que alimentaba el biodigestor y cómo era su funcionamiento, y por otro lado, si el biol obtenido, era apto para la fertilización.

Los resultados obtenidos muestran que el pH de la mezcla de materias primas que ingresa al biodigestor tiene un valor de pH de 7, correspondiente al intervalo óptimo requerido para el crecimiento de bacterias metanógenas (Romat et al., 2021). En comparación con los valores de otros establecimientos, donde solo se utilizan efluentes de cerdos para el funcionamiento del biodigestor, se observa que la materia seca (MS) en la fosa de cerdos tiene un valor muy bajo 0,14 g/l para ser el

único sustrato del biodigestor, siendo el valor adecuado alrededor de 3% (30 g/l), lo que confirma que el efluente de la fosa está diluido, debido al reducido número de reproductoras porcinas, con respecto a la capacidad del galpón. El valor de MS aumenta a 3,86 g/l en la cámara de homogeneización, donde se incorporan los residuos de las demás producciones, pero, aun así, se encuentra por debajo del valor óptimo de 7-10 % (70-100 g/l) indicado para una producción adecuada del biodigestor (Romat et al., 2021). El valor de 115,2 mg/l de DQO de la fosa de homogeneización fue muy bajo, al compararlo con un establecimiento donde la materia prima era efluente puro de cerdos y los valores rondaban los 3.000 ppm (Martínez González, 2019). Asimismo, se observó una disminución del 50% en el contenido de DQO del biol, con relación al valor de la fosa de homogeneización, lo que indica que se redujo la contaminación de la mezcla y, por lo tanto, del efluente porcino. Entonces, si se considera que los sistemas de digestión anaerobia presentan eficiencias de remoción del 81,7 al 97,5 % de la DQO (Romat et al., 2021), se estima que el biodigestor está funcionando con una eficiencia del 51,2%. Tanto el carbono como la materia orgánica aumentan en la cámara de homogeneización al mezclar los diferentes residuos y se reducen en forma significativa al pasar por el biodigestor, debido a que el efluente pierde carbono en forma de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> al generar biogás (Lo Papa & Marcelino, Com. Pers., 2023).

**Tabla 4.** Características físico-químicas del efluente en las 3 etapas de muestreo

	<b>Fosa cerdos</b>	<b>Fosa Homogeneización</b>	<b>Biol</b>
<b>pH</b>	8	7	9
<b>Nitrito (ppm)</b>	2,01	4,21	1,59
<b>Nitrato (ppm)</b>	18,12	170,50	24,12
<b>Amonio (ppm)</b>	5,68	9,50	4,48
<b>Fósforo (ppm)</b>	2,44	6,23	1,79
<b>Materia seca (g/l)</b>	0,14	3,86	0,61
<b>Sólidos disueltos (g/l)</b>	3,27	12,11	3,59
<b>% m/m CO</b>	0,04672	0,04685	0,04675
<b>% m/m MO</b>	0,1041	0,1044	0,1042
<b>DQO (ppm)</b>	86,40	115,20	57,60
<b>Turbidez</b>	0	25,87 %	4,78 %

Fuente: Marcelino & Lo Papa (2023)

Como segunda instancia se pudo observar que, al finalizar el proceso en el biodigestor, el biol que sale y queda en otra fosa para su posterior fertilización es aceptable bajo las normas establecidas por SENASA (SENASA, 2011), arrojando valores de Nitrógeno total de 30,19 ppm y de Fósforo de 1,79 ppm, con elevado % de nitratos en relación al amonio. Esto se justifica, ya que el nitrato es la forma en que inmediatamente se encuentra disponible para las plantas, y el amonio alto generaría acidificación del suelo. Por último, como ya se mencionó el pH corresponde a 9, valor aceptable según lo expuesto por Maisonnave et al., (2015).

## **CONCLUSIONES**

### **De la Revisión Bibliográfica**

Al analizar la composición de los documentos que conforman la revisión bibliográfica se pudieron definir conclusiones para responder cada objetivo del TFC<sub>D</sub>.

*Describir los sistemas actuales de producción porcina en confinamiento en la provincia de Buenos Aires*

El sistema de crianza porcina de la provincia de Buenos Aires tiende al confinamiento, aumentando el impacto negativo del manejo de efluentes en lagunas. A pesar de que, el 98% de los establecimientos tienen menos de 100 madres, se están comenzando a confinar los sistemas mixtos de 50-100 madres. Asimismo, en la actualidad, existen 285 unidades productivas con más de 100 madres, 569.007 animales confinados totalmente, correspondiente al 47% del total de cerdos de la provincia.

*Caracterizar el efecto negativo de los efluentes porcinos en el ambiente*

El impacto negativo de los efluentes porcinos en el ambiente es consecuencia del manejo incorrecto que se utiliza actualmente para el almacenamiento de los residuos y a la hora de ser aplicados como abono sin previo tratamiento. Los principales parámetros que se evalúan para determinar el nivel de daño de los desechos porcinos son el contenido de materia orgánica, macronutrientes como el N, P y K y micronutrientes como el Fe, Zn, Cu y Mn, también otros gases como amoníaco, metano, óxido nitroso y amonio. Los efectos más relevantes que se presentan en el suelo tienen relación con la acumulación de nutrientes produciendo riesgo ecológico, el deterioro de la vegetación y la degradación del suelo, en cuanto a los cauces y napas produce lixiviación, eutrofización y/o escurrimiento, y por último, contribuye a aumentar los gases del efecto invernadero

*Proponer estrategias productivas que reduzcan el impacto ambiental de las granjas confinadas*

Cada establecimiento porcino en confinamiento posee un sistema de recolección de efluentes para brindar un ambiente agradable, limpio y sano a los cerdos en producción; aunque las fosas tienen una función de almacenamiento del efluente, en algunos casos son un sistema de acondicionamiento o pre-tratamiento.

Una granja moderna requiere, indefectiblemente, de un sistema de recolección, conducción, tratamiento y almacenamiento de excretas, ya que concentra un gran número de animales en una superficie de terreno relativamente pequeña. Los tratamientos pueden consistir en la separación de sólidos, el compostaje de excretas, lagunas de tratamiento y digestión anaerobia. El tratamiento se divide en dos etapas, la primera consiste en procesos físicos, para que luego tenga lugar la degradación biológica o su aplicación directa al suelo; en tanto, el tratamiento secundario, consiste en la transformación biológica de materia orgánica compleja a material estable, la cual puede llevarse a cabo a través de lagunas de estabilización, biodigestores o compostaje.

### **De la pasantía en criaderos porcinos. Manejo de efluentes acuosos en la producción porcina**

La visita a los criaderos porcinos Daireaux y Del Valle, que manejan sus efluentes con lagunas y biodigestor, respectivamente, nos permitió entrever las características de cada sistema en territorio.

### **De la pasantía de investigación sobre “Análisis físico químico de efluentes acuosos en la producción porcina”**

El pH de la mezcla de las materias primas que ingresa al biodigestor presentó un valor óptimo de 7, para el crecimiento de bacterias metanógenas

La materia seca (MS) de la fosa de cerdos y cámara de homogeneización fue reducida, aunque se observó una disminución del 50% en el contenido de DQO del biol, lo que indica que se redujo la contaminación del efluente porcino.

Como los sistemas de digestión anaerobia presentan eficiencias de remoción del 81,7 al 97,5 % de la DQO, se estima que el biodigestor está funcionando con una eficiencia del 51,2%.

Asimismo, el biol que se recupera en otra fosa, para fertilizar es aceptable según SENASA, con relación al nitrógeno total, fósforo y alto porcentaje de nitratos disponible para las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alonso-Arévalo, J.** (2015). *Zotero: los gestores de referencias: software para la gestión y mantenimiento de las referencias bibliográficas en trabajos de investigación*. [e-Book] Salamanca: Ediciones del Universo. <https://www.dropbox.com/s/khij0t2ivbwsvad/ZOTERO.pdf?dl=0>

**Alzate Ibáñez, A. M., & López Niño, D.** (2018). *El estado del arte y el marco teórico en la investigación: Una base para el desarrollo de trabajos de grado*. Fundación Universidad de América. <https://doi.org/10.29097/9789588517353>

**Brunori, J. C.** (2013). *Producción de cerdos en Argentina: situación, oportunidades, desafíos*. E.E.A. INTA Marcos Juárez. [http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/1-Prod%20Porcina%20en%20Argentina Situacion..Oportunidades.Desafios\\_J.%20Brunori\\_.pdf](http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/1-Prod%20Porcina%20en%20Argentina Situacion..Oportunidades.Desafios_J.%20Brunori_.pdf).

**Codina, L.** (2 de enero 2019). *El ecosistema de la información académica: Propuesta de caracterización*. Lluís Codina. <https://www.lluiscodina.com/busqueda-academica-caracterizacion/>

**Chorkulak, V.** (2016). *Análisis de la capacidad de generación de biogás en Argentina a partir de residuos orgánicos producidos en granjas con sistemas de confinamiento*. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Buenos Aires] <https://ri.itba.edu.ar/entities/tesis%20de%20maestr%C3%ADa/51320566-b85d-45b4-86ad-d4757d854dc4>.

**de Ladaga, B. S. P., & Marra, R. M.** (2023). *Economía circular en granjas porcinas: estudio económico de caso en la provincia de Córdoba, Argentina*. *Agronomía & Ambiente*, 43(1). <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/242>.

**Dulce, E., Pérez, J., & Otaño, M. C.** (2021). Cadena agroindustrial de la carne porcina la coordinación como puente para el desarrollo de ventajas competitivas. *Revista Economía y Desafíos del Desarrollo*, 1(7). <https://revistaedd.unsam.edu.ar/?p=1533>.

**FAOSTAT, F.** (2014). Anuario Estadístico de la FAO. *La Alimentación*.

**FAO.** *AGROVOC Multilingual Thesaurus* (s.f.) <https://www.fao.org/agrovoc/es/search>

**Fernández, M., Millán, G. J., Calvetty Ramos, M., Basso, M., & Mouteira, M. C.** (2018, August). Efectos sobre el suelo de efluentes de producción porcina intensiva. In *XIX Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas, VI Jornada Latinoamericana, IV Jornadas de Ciencia y Tecnología y III Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias (Facultad de Ciencias Veterinarias y Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de*

Rosario)(Casilda y Zavalla, 16 y 17 de agosto de 2018). [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69387/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69387/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y) .

**Fleite, S. N., & García, A. R.** (2021). *Marco legal para el manejo de los residuos en producciones animales intensivas de la provincia de Buenos Aires*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); 95-103. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/190532>.

**Gallo, B.E., & Gallo, D.L.** (2016). Dimensionamiento de instalaciones para el tratamiento de purines de una empresa porcina en confinamiento [Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa]. [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1520/a\\_galdim042.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1520/a_galdim042.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Guardia López, A.R.** (2019). *Estudio de cadena productiva porcina como herramienta de análisis de la sustentabilidad de los sistemas productivos de la provincia de Buenos Aires*. [Tesis de especialización. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/85940>.

**Hernández Espinoza, G., Herrera Corredor, A., Rivas Jacobo, M., Ibarra Gudiño, C., Lepe Aguilar, R., & Martínez González, S.** (2019). Empresa sustentable de producción de cerdos, ovinos y limones. *Abanico Agroforestal*, 1. México. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-agroforestal/article/view/220>.

**Honorable Congreso de la Nación Argentina.** (2002). Ley 25.675. Política Ambiental Nacional. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto>.

**Honorable Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.** 1995. Ley 11.720. Residuos Especiales. <https://www.ambiente.gba.gob.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf>.

**Jiménez García, D.M.** (2010). *Programa de manejo de impactos ambientales de la granja Porcícola Monterrey*. [Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://repositorio.utp.edu.co/items/22c59746-9e46-4c2e-b1ab-ea06151b2386>.

**Lafata, S.** (2016). *Alternativa de mejora al sistema de tratamiento de efluentes líquidos: caso establecimiento Estancia La Maza Sebastián Elcano, Córdoba*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2831/Lafata.%20Sof%C3%ADa%20-%20Alternativa%20de%20mejora%20al%20sistema%20de%20tratamiento%20de%20efluentes%20l%C3%ADquidos.pdf?sequence=1>

**Lazzaroni, V.** (2022). *Valoración de AVUs para la producción de biogás con purines de cerdo*. [Tesis de grado. Universidad Católica Argentina, Rosario]. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/15207>.

**Marín, A.** (2022). *Investigación de mercados de carne porcina. Exportación de carne porcina entrerriana a la República Popular China* (2021). [Tesis de grado. Universidad Nacional de Rosario]. <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/23420/TESINA%20RR.II%20-%20MARIN%20AGOSTINA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

**Martínez González, B. A.** (2019). *Evaluación de impactos ambientales en la industria porcina y propuestas de mejora en el manejo de purines*. Estudio de caso. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175505/Evaluacion-de-impactos-ambientales.pdf?sequence=1>.

**Ministerio de Agroindustrias. Presidencia de la Nación.** (2015). Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Efluentes Porcinos. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion\\_interes/archivos/000000\\_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/archivos/000000_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf).

**Nakasima-López, M., Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., & Velázquez-Limón, N.** (2017). *Adaptación de Inóculos Durante el Arranque de la Digestión Anaerobia con Residuos Sólidos Orgánicos*. Información tecnológica, 28(1), 199-208. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000100020](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100020).

**Norma Suiza SIA 262/1-E.** (2003). *Construction en béton – complémentaires*, Annexe E: Perméabilité à l'air dans les Structures, pp. 30-31. (NO ESTA CITADA)

**Panero, L.N.** 2022. *Manejo de efluentes porcinos en establecimientos del centro del Departamento Unión, Córdoba*. Tesis de Grado. Universidad Empresarial Siglo 21. 44 pp. Disponible en: <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/25964>. Último acceso: noviembre 2023.

**Presidencia de la Nación; Ministerio de Justicia y Derechos Humanos.** (1992). Ley 24.051. Ley de Residuos Peligrosos. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/texact.htm>.

**Presta, K. A.** (2019a). *Alfabetización informacional, alfabetización académica y competencia lectora en la Educación Superior: Triada estratégica para el uso y la generación social del conocimiento* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación].

<https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1727/te.1727.pdf>

**Presta, K. A.** (2019b). *¿Qué debo consultar al investigar? Las fuentes de información académicas y científicas regionales de Acceso Abierto* [Académica]. 3ras Jornadas Jóvenes Investigadores del CISA, La Plata. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/resource/view.php?id=28564>

**Purina** (s.f.) En *Diccionario porcino—3tres3 Argentina, la página del Cerdo*. Recuperado el 28 de abril de 2022, de <https://www.3tres3.com/es-ar/diccionario-porcino/>

**Romat, L., Fernández, G., de Iorio, A. F., & Bargiela, M.** (2022). *Obtención de biogás a partir de efluentes porcinos como alternativa de mitigación de emisiones*. Revista RedBioLAC, 5(1), 55-59. <http://revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/42>.

**Sánchez, C.** (11 de diciembre de 2019). *Actualizaciones en la 7ma (séptima) edición de las Normas APA*. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/introduccion/actualizaciones-en-la-7ma-septima-edicion-de-las-normas-apa/>

**Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Microeconómica.** (2019). *Informes de cadena de valor. Carne porcina*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro\\_cadenas\\_de\\_valor\\_porcina.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_porcina.pdf)

**Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA].** (2011). *Resolución 264/2011. Reglamento para el Registro de Fertilizantes, Enmiendas, Sustratos, Acondicionadores, Protectores y Materias Primas en la República Argentina*. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/182156/texact.htm>

**SENASA.** (2020). *Estratificación de establecimientos porcinos*. <https://www.argentina.gob.ar/senasa/porcinos-sector-primario>

**Vicari, M. P.** (2012). *Efluentes en producción porcina en Argentina: generación, impacto ambiental y posibles tratamientos*. [Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias]. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/319/1/doc.pdf>

## ANEXO I

### Alta de Participación en el Proyecto 11 A 351 como Tesistas de Grado

---

Secretaría de Ciencia y Técnica - U.N.L.P.



PROYECTOS DE INVESTIGACION

---

**Confirmacion de Alta colaborador**

**Proyecto:** 11/A351

**Colaborador:** Marcelino, Solange Magalí (27-39279385-8)

**F. de ALTA:** 01/01/2022

---

---

Secretaría de Ciencia y Técnica - U.N.L.P.



PROYECTOS DE INVESTIGACION

---

**Confirmacion de Alta colaborador**

**Proyecto:** 11/A351

**Colaborador:** Lo Papa, Carola Nicole (27-40944104-7)

**F. de ALTA:** 01/01/2022

---

### **Pasantía en Análisis químico “Análisis físico-químico de efluentes acuosos en la producción porcina”.**

#### Introducción

La producción porcina nacional viene incrementándose en gran medida durante los últimos años, con el consiguiente aumento no sólo de la cantidad de granjas sino también de su tamaño. Actualmente, según el último censo realizado en el corriente año la cantidad de establecimientos en Argentina es de 76.737, concentrándose en la provincia de Buenos Aires el 19,3% con un total de 14.815 establecimientos, seguido por la provincia de Córdoba con un 14,39% y en tercer lugar Chaco con un 11,5% (Comunidad Profesional Porcina, 2023); en relación a la cantidad de existencias porcinas se registró un crecimiento exponencial, siendo el total de 5.887.401 de porcinos inscriptos en el Renspa (Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios - SENASA).

El sistema productivo actual es en confinamiento, donde se genera gran cantidad de efluentes porcinos. El uso de estos efluentes como abono orgánico es una práctica frecuente, y si bien aporta beneficios al rendimiento de los cultivos como al suelo, se utiliza sin ningún tipo de estimación de las necesidades de éstos, así como tampoco de las consecuencias ambientales que pudieran derivar de su uso inapropiado. Dichas excretas, combinación de la orina líquida y heces sólidas producida por los porcinos, generan un gran impacto negativo para el ambiente, principalmente porque llega a las napas freáticas y altera la composición del suelo.

El uso de biodigestores<sup>1</sup> como tratamiento biológico de efluentes, es una posible solución para la reducción del volumen de excretas porcinas y la obtención de energía a través de la generación de biogás (compuesto principalmente por 50-70% de CH<sub>4</sub> y 27-45% de CO<sub>2</sub>), lo que además reduce la emisión directa de CH<sub>4</sub> a la atmósfera (Romat et al.,

2021). Asimismo, el residuo que se obtiene del biodigestor, luego de la generación de energía, puede ser utilizado como abono para la tierra. A este residuo se lo llama biol.

El estudio fue realizado en la Escuela Agrotécnica Salesiana de Del Valle ubicada en la localidad de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires. El establecimiento instaló un biodigestor para aprovechar los desechos de los animales de granja como fuente de energía, disminuir el impacto negativo de los efluentes en el ambiente, y con fines educativos.

La materia prima utilizada para alimentar el equipo proviene de los residuos de la producción de 200 vacas de tambo, 1.000 ponedoras, suero de industria láctea, 35 cerdas reproductoras en confinamiento, a los que se adiciona silo de maíz para equilibrar el contenido de sólidos. En el caso de querer hacer funcionar el biodigestor únicamente con los residuos de cerdas reproductoras se requerirá un mínimo de 100 madres y la incorporación de inóculos para que se produzca la fermentación; que en este caso no es necesaria, porque al trabajar con los desechos del tambo, se incorporan bacterias presentes en el rumen de las vacas, que son las encargadas de producir el metano.

<sup>1</sup>Los biodigestores son depósitos o tanques cerrados herméticamente que permiten la carga (afluente) de sustratos (biomasa) y descarga de bio-abono (efluente) y poseen un sistema de recolección de biogás para su aprovechamiento energético.

Etapas del proceso:

El proceso comienza en la cámara de homogeneización, con capacidad de 24.000 litros. La cámara, recibe los residuos de todas las producciones, los homogeniza con una bomba y, con una caldera y un sistema de recirculación mantiene constante la temperatura de la materia prima en 34°C. En estas condiciones de homogeneidad y temperatura adecuada, el líquido ingresa al biodigestor de sistema continuo, con una capacidad de 400.000 litros. En el interior del equipo hay una bomba, que se encarga de agitar el material para acelerar el proceso de fermentación, dado por las bacterias anaerobias que se encuentran en los rumiantes, y se encargan de degradar la materia orgánica para convertirla en metano, con un tiempo de retención de 20-25 días. Como resultado, se obtiene el biogás que pasa por 3 filtros: chip de madera, carbón activado y silicagel. El producto obtenido se utiliza para alimentar una caldera de 80.000 calorías que es usada para las duchas de 60 estudiantes del establecimiento educativo. Luego de la digestión anaeróbica del biodigestor queda un residuo líquido, denominado biol, éste se almacena en un tanque y es utilizado para fertilizar lotes que son destinados a la siembra.