

# Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



**Producción sustentable de carne  
porcina, diferenciada y certificada a  
través de la transformación de  
residuos, en el establecimiento  
La LaicaS.R.L**

**Autor  
Eula Patricio Stéfano  
2017**

**Tutor:**

Kopp Sandra Beatriz

**Evaladores:**

Manera Gabriel

Pérez María Alejandra

Tártara Enzo

Uliana Andrea

Nota trabajo final:

**Agradecimientos**

A todas las personas que de algún modo se han visto implicadas en este proyecto, especialmente a mi tutora Kopp Sandra Beatriz, por su disposición, dedicación y trabajo.

A mi familia, novia y amigos, por estar ahí siempre que los he necesitado, y que sin ellos esto no hubiera sido posible.

## Resumen

El presente trabajo propone la certificación de carne de cerdo producida en el establecimiento La Laica S.R.L, a través de un manejo de efluentes que permita la reutilización del agua de limpieza de instalaciones. Por medio de esta propuesta de mejora en el manejo del efluentes se obtiene un subproducto denominado estruvita (fosfato de magnesio y amonio hexahidratado), desde la parte líquida del mismo, recuperando la totalidad del fósforo (P) y parcialmente el nitrógeno (N) presente en el agua, en conjunto con la adición de magnesio (Mg) saturando la solución y generando este mineral final. Este es un producto comercializable ya que presenta características semejantes a fertilizantes de uso agropecuario, como el fosfato amónico. Posteriormente, la técnica de fitorremediación, llevada a cabo por medio de la plantación de árboles de los géneros *Salix* y *Populus*, sumados al crecimiento natural de un estrato herbáceo perteneciente a familias como Asterácea, Brasicácea, Urticácea, entre otras, logra que los principales contaminantes de la parte también líquida del efluente disminuyan de manera que permitan la reutilización de la misma.

Todo estas acciones, sumadas a las ya existentes en el establecimiento como la digestión anaeróbica, la producción de biogás, la digestión facultativa y aeróbica posibilitan aumentar la rentabilidad global del establecimiento por medio de la producción de carne distinguida, certificada y por lo tanto de mayor valor. Por otro lado la capacidad de comercializar un subproducto como la estruvita a través de la recuperación de los desechos, disminuyendo la concentración de los mismos en la parte líquida del efluente y por último el ahorro financiero anual por reutilizar el recurso hídrico, dato este relevante dada la importancia del recurso. La propuesta es factible de llevar adelante en establecimientos productivos semejantes.

**PALABRAS CLAVE:** certificación – carne de cerdo – efluentes – estruvita – fitorremediación.

## Índice de contenidos

Resumen.....	2
Introducción .....	5
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Análisis de Caso .....	12
Ubicación del establecimiento .....	12
Descripción general de la actividad que realiza .....	13
Evaluación del sistema de tratamiento del efluente .....	20
Inconvenientes con el actual sistema de tratamiento de efluente .....	24
FODA .....	27
Indicadores de Responsabilidad social y Sustentabilidad .....	27
Propuesta de Mejora.....	30
Análisis de Negocio .....	42
Consideraciones finales:.....	44
Bibliografía .....	45
Anexos.....	48

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Evolución de existencias porcinas en Argentina, años 2009 – 2015.....	5
<b>Figura 2:</b> Principales provincias con existencias porcinas en la República Argentina. ....	6
<b>Figura 3:</b> Cadena de valor de carne porcina a nivel nacional. ....	7
<b>Figura 4:</b> Esquema de producción de carne porcina sustentable.....	8
<b>Figura 5:</b> Microfotografías de estruvita precipitada. ....	9
<b>Figura 6:</b> Secuencia de tratamiento para la producción de carne porcina sustentable. ....	10
<b>Figura 8:</b> Imagen satelital de Hernando, recorrido hasta La Laica S.R.L. ....	12
<b>Figura 9:</b> Imagen satelital del establecimiento La Laica S.R.L. ....	12
<b>Figura 10:</b> Zona de gestación, establecimiento La Laica S.R.L. ....	13
<b>Figura 11:</b> Vista exterior zona de recría y engorde del establecimiento La Laica S.R.L. ....	13
<b>Figura 12:</b> Vista interior zona de recría, establecimiento La Laica S.R.L. ....	14
<b>Figura 13:</b> Vista interior zona de desarrollo, establecimiento La Laica S.R.L. ....	14
<b>Figura 14:</b> Dinámica de utilización de los recursos proteicos de un cerdo durante el proceso de producción. ....	16
<b>Figura 15:</b> Primer biodigestor, establecimiento La Laica S.R.L. ....	17
<b>Figura 16:</b> Segundo biodigestor, establecimiento La Laica S.R.L. ....	18
<b>Figura 17:</b> Pileta de condición facultativa, establecimiento La Laica S.R.L. ....	18
<b>Figura 18:</b> Pileta de condición aeróbica, establecimiento La Laica S.R.L. ....	19

<b>Figura 19:</b> Esquema de los diferentes procesos de la conversión anaeróbica de residuos orgánicos. ....	21
<b>Figura 20:</b> Muestras de efluente (izq.) y digestato (der.). ....	22
<b>Figura 21:</b> Problemática del actual manejo del efluente. ....	24
<b>Figura 22:</b> Análisis químicos correspondientes a las 35 has agrícolas del establecimiento La Laica S.R.L. ....	25
<b>Figura 23:</b> Ilustración de un tamiz estático, con vista superior (izq.) e inferior (der.). ....	31
<b>Figura 24:</b> Ilustración vista externa, tornillo compactador. ....	32
<b>Figura 25:</b> Ilustración vista interna, tornillo compactador. ....	32
<b>Figura 26:</b> Conjunto de técnicas aplicadas al efluente con la finalidad de reutilizar el agua. ....	33
<b>Figura 27:</b> Representación de tanque con sistema de agitación y proceso de precipitado de estruvita. ....	34
<b>Figura 28:</b> Vista exterior del tanque de precipitado de estruvita. ....	35
<b>Figura 29:</b> Precipitado final de estruvita, obtenido a partir del componente líquido del efluente..	36
<b>Figura 30:</b> Procesos de fitorremediación en las distintas partes de la planta. ....	37
<b>Figura 31:</b> Plantación de álamos para el proceso de fitorremediación. ....	38

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Principales componentes y valores promedios de las excretas porcinas. ....	15
<b>Tabla 2:</b> Volumen (litros/día) de líquidos residuales de las diferentes categorías de cerdos. ....	16
<b>Tabla 3:</b> Público afectado por la actividad realizada en el establecimiento. ....	29
<b>Tabla 4:</b> Disponibilidad de N - P - Mg para la producción de estruvita. ....	30
<b>Tabla 5:</b> Valores obtenidos en agua posterior al proceso de fitoremediación. ....	38
<b>Tabla 6:</b> Balance de principales componentes del efluente post tratamientos anaeróbicos y físico. ....	39
<b>Tabla 7:</b> Balance de principales componentes de la parte líquida del efluente, post tratamiento químico y aeróbico. ....	40
<b>Tabla 8:</b> Balance de patógenos, parte líquida del efluente post tratamiento aeróbico. ....	40
<b>Tabla 9:</b> Elementos que definen la inversión inicial de la alternativa propuesta. ....	42
<b>Tabla 10:</b> Componentes de los costos e ingresos. ....	42
<b>Tabla 11:</b> Cálculo V.A.N, considerando la inversión inicial y las diferencias actualizadas entre ingresos y egresos. ....	43
<b>Tabla 12:</b> Cálculo de T.I.R, considerando tasa calculatoria del 15 %. ....	43

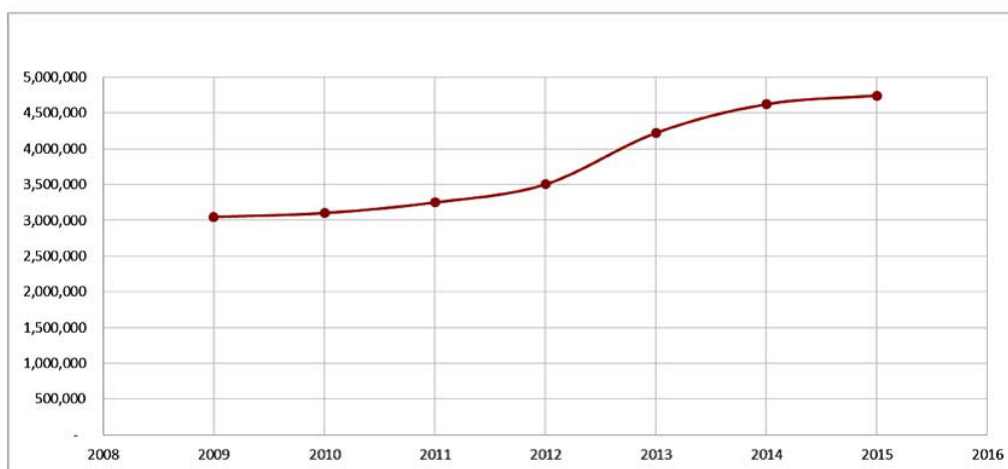
## Introducción

Según estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la carne roja de mayor consumo a nivel mundial es la carne de cerdo, cuya demanda en las últimas décadas ha incrementado 17,5% debido principalmente a mayores ingresos en los países en vías de desarrollo, los cuales acceden a una mejor y más variada alimentación. Este aumento no sólo refiere a cantidad si no también y, principalmente, a calidad. Demostrando los consumidores mucho interés y exigencia por certificación de origen de los productos: orgánico, comercio justo, denominaciones de origen, libre de OGM (organismos genéticamente modificados), certificados de calidad, ambientales (como ISO 9.001 y 14.001, Global GAP) entre otros (UGR, 2009).

El comportamiento de los consumidores se debe a una mayor conciencia ambiental y social; preocupación por el medio ambiente y el calentamiento global, tendencias ambientalistas y socialmente responsables, importancia de las condiciones laborales y trabajo infantil, preocupación por el bienestar animal, productos de origen sin uso de pruebas en animales, entre otros (UGR, 2009).

Los principales países productores y consumidores de carne porcina son China, la Unión Europea y Estados Unidos con más del 81% de la producción y del 79% del consumo mundial. Dentro de la Unión Europea se destacan Alemania y España como los principales productores. En conjunto, Estados Unidos y Alemania concentran el 30% de las exportaciones. Otros países con participación menor son Brasil, Rusia y Canadá. Las importaciones son lideradas por Japón, Alemania y Reino Unido, siendo también relevante la participación de Italia, China y Francia (Prat-gay et al, 2016).

La producción porcina en la Argentina se encuentra en un constante crecimiento, siguiendo la tendencia mundial. Tan marcado es el aumento de la actividad, que entre el 2009 y el 2015, las existencias de porcinos aumentaron un 53 % (Figura 1), pasando de 3.047.554 cabezas a 4.745.471 (SENASA, 2014).



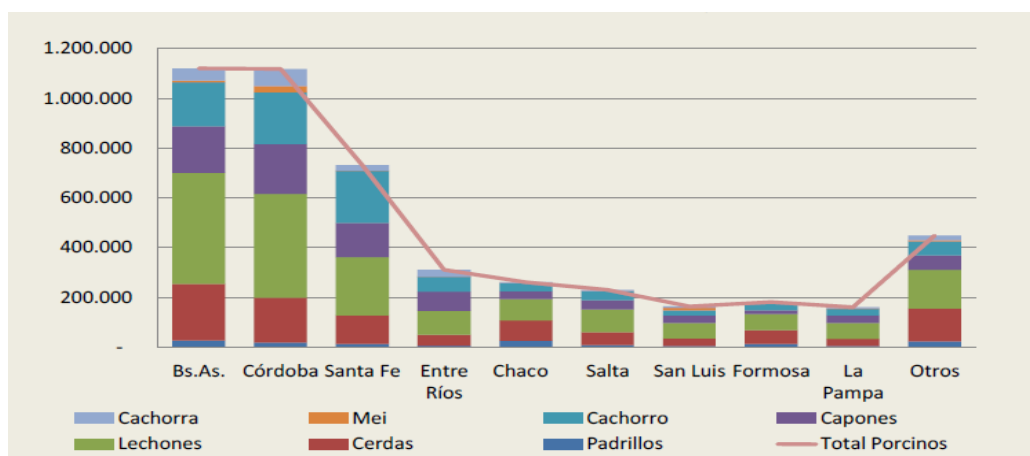
Fuente: SENASA, 2014.

**Figura 1:** Evolución de existencias porcinas en Argentina, años 2009 – 2015.

La producción de carne llegó en ese último año a las 483 mil toneladas. Las exportaciones representaron el 1,3% de la producción porcina nacional siendo responsable del 0,4% de la producción mundial de carne de cerdo. El país mejoró su posición en el ranking mundial, pasando del puesto 19 en 2005 al 15 en 2015. Hoy representa apenas el 0,1% del total de las exportaciones mundiales, debido principalmente a los incrementos en producción de Estados Unidos y Brasil en un 1,9% y 2,6%, respectivamente. Los envíos de productos porcinos al exterior llegaron a alcanzar los US\$ 7,2 millones en 2015 (80% más en valor que en 2010) siendo los principales destinos de carne porcina: Rusia con el 31% y Hong Kong con el 27% de los envíos totales, este escenario muestra una alta dependencia hacia estos dos mercados, seguidos por España con un 8% y destacándose en menor medida Angola, Egipto y algunos países limítrofes como Paraguay, Perú y Bolivia. Los principales productos exportados son despojos comestibles y tripas (60%) y, en menor medida, chacinados y salazones (21%), embutidos (12%) y carne congelada (7%) (Prat-gay et al, 2016).

En vista a lo mencionado la producción nacional de carne porcina se destina principalmente al mercado interno, siendo el consumo de carne de cerdo de aproximadamente 10 kg/habitante/año ocupando así el tercer lugar después de la carne vacuna (60kg/habitante/año) y la carne de pollo (40kg/habitante/año) (Prat-gay et al, 2016).

En el país la producción se distribuye principalmente en las provincias de la pampa húmeda; Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, las cuales albergan el 70 % de las existencias. En el resto del país se destaca la producción en Entre Ríos, Chaco, Salta, San Luis, Formosa, La Pampa y Santiago del Estero, las cuales albergan el 23 % de las existencias de porcinos (Figura 2). El restante 7% se distribuye en las demás provincias argentinas (SENASA, 2014).



Fuente: FADA, 2015.

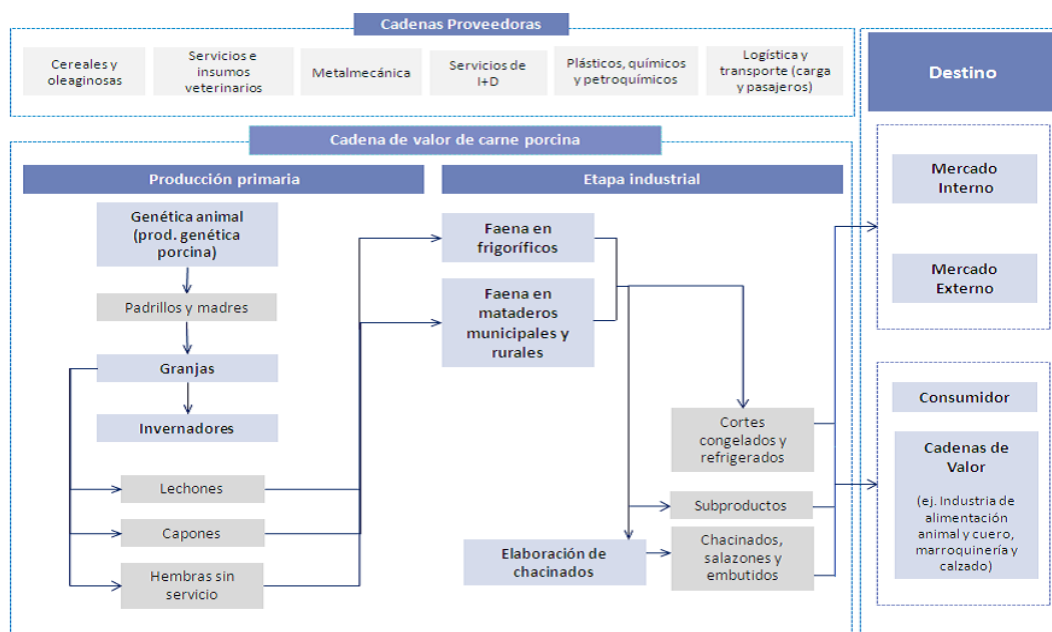
**Figura 2:** Principales provincias con existencias porcinas en la República Argentina.

La oferta productiva primaria de carne de cerdo en la provincia de Córdoba está integrada por 8.657 establecimientos, representando el 14,6% del total nacional. Las existencias se localizan principalmente en un cordón ubicado al sur de la provincia, conformado por los departamentos Marcos Juárez, Unión, Río Cuarto y Juárez Celman, con gran concentración productiva en este último (SENASA, 2012).

A nivel nación se estima que los grandes productores (más de 100 cerdas) representan el 1% del total de los establecimientos y poseen el 40% del total de porcinos los cuales se desarrollan bajo sistemas de producción en confinamiento y se pueden asociar con una agricultura de carácter empresarial, un 3% representa los productores de tamaño medio (51 a 100 cerdas), concentrando el 14% de cabezas y el 96% de los establecimientos son de tamaño pequeño (hasta 50 cerdas) y poseen el 46% del total de porcinos. Medianos y pequeños productores se encuentran, en su mayoría bajo sistemas de producción a campo o mixto, siendo los que aún no han podido crecer en función a esta actividad, presentando un nivel de tecnificación bajo y una brecha tecnológica considerable sobre el resto de explotaciones (Brunori y Juárez, 2011).

La cadena de la carne porcina y sus productos derivados presenta dos etapas determinantes (Figura 3). En primer lugar se encuentra el productor primario, responsable de la producción del animal en pie y en segundo lugar está el establecimiento industrial, encargado de transformar la carne en alimento final. En este último se diferencian dos sub actividades, que muchas veces son realizadas por la misma empresa; por un lado la faena de cerdos y la producción de carne fresca refrigerada o congelada, y por el otro, la transformación de la carne en chacinados, conservas y salazones como tocino, jamones, paletas, bondiola, panceta, etc. También se obtienen despojos (hígados y los demás), tripas (calibradas y las demás) y subproductos (harina, aceite y grasa de cerdo) (Prat-gay et al, 2016). En la provincia de Córdoba se encuentran registrados 24 establecimientos mataderos – frigoríficos porcinos, razón por la que un importante porcentaje de animales son faenados fuera de la provincia (Brunori y Juárez, 2011).

Más de 80% de la hacienda es comercializada a través de la modalidad “directo a frigorífico”, donde el comprador de la industria contacta personalmente a cada productor. Otra de las formas es a través de un “Intermediario” representado por el acopiador, consignatario y los remates feria. También existen frigoríficos que realizan producción primaria propia, para disponer de materia prima, según sus requerimientos (Prat-gay et al, 2016).



Fuente: FADA, 2015.

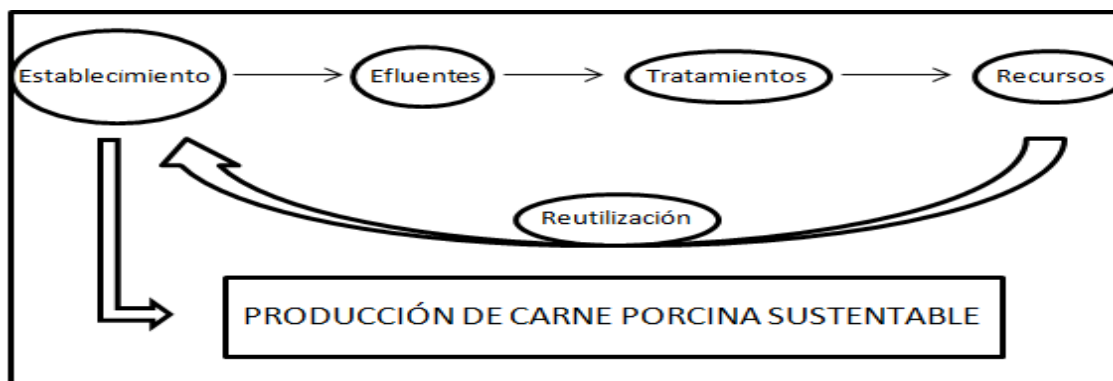
Figura 3: Cadena de valor de carne porcina a nivel nacional.



El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) es la autoridad que inspecciona, certifica y registra el transporte, la sanidad, la calidad y la higiene de los productos porcinos destinados al consumo interno y al comercio exterior según las normas nacionales e internacionales y de otros servicios oficiales, supervisando con personal debidamente capacitado, todos los procesos de la cadena de valor, incluyendo la producción de animales, el transporte y la etapa industria; establecimientos faenadores, elaboradores, acondicionadores e industrializadores (SENASA, 2017).

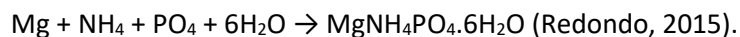
Las estimaciones de crecimiento para este sector son optimistas para la próxima década y están basadas no sólo en las proyecciones globales de oferta y demanda de carne porcina sino en la tendencia que se viene presentando a nivel nacional. Esto hace presumir que para el año 2020 el consumo per cápita podría aproximarse a los valores promedio de consumo mundial que rondan los 16 a 18 kg/habitante/año, lo que implicaría un importante aumento de la producción local (Buryaile R. et al, 2016). Ello determina que la producción porcina vaya migrando hacia sistemas de mayor intensificación, donde los animales se encuentran en confinamiento absoluto y el ambiente donde se alojan está entre mediana a totalmente controlado por el hombre. Esto significa que las producciones de pequeña escala comienzan a incorporar mayor tecnología y a aumentar el número de madres productivas. Este cambio, pone en manos de los productores un desafío muy importante que incluye aprender a manejar y a reutilizar los efluentes que generan este tipo de tecnologías abocadas a la producción, los cuales sin un tratamiento adecuado, pueden resultar en una potencial fuente de polución, con el consecuente deterioro del medio ambiente (Vicari, 2012).

Esta problemática puede ser convertida en una oportunidad si se tiene en cuenta que las deyecciones ganaderas son un recurso renovable y que si se gestionan correctamente, pueden servir como materia prima a la industria de fertilizantes (Hidalgo D., 2014). Además de la posibilidad de formulación de fertilizantes a partir de los desechos porcinos, un adecuado tratamiento específicamente a la parte líquida de los mismos permitiría la reutilización del agua utilizada para limpieza de instalaciones definiendo una producción de carne porcina sustentable (Figura 4), respetuosa con el medio ambiente y adecuada, por lo tanto, a normas internacionalmente reconocidas las que permiten certificar y diferenciar el producto en cuestión.



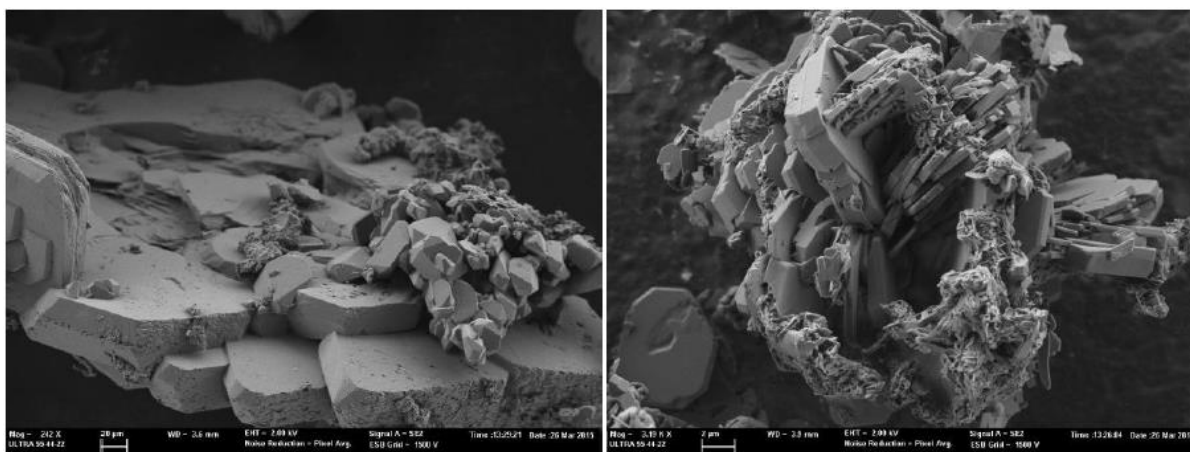
**Figura 4:** Esquema de producción de carne porcina sustentable.

A raíz de ello una estrategia que ha tomado importancia en los últimos años y que permite el aprovechamiento de los principales nutrientes como nitrógeno y fósforo presentes en las aguas residuales porcinas, es la precipitación de los mismos en forma de estruvita o fosfato de magnesio y amonio hexahidratado (Redondo, 2015). La estruvita (Figura 5) es un mineral blanquecino de estructura ortoromboédrica que se forma en dos etapas formación de núcleos y crecimiento de los cristales por la combinación de magnesio, fósforo y nitrógeno en iguales cantidades molares (1;1;1) (Redondo, 2015). La formación de estruvita se produce con relativa rapidez debido a la sobresaturación en el líquido, como resultado de la combinación entre los minerales anteriormente nombrados, por medio de la siguiente reacción química:



Las propiedades que la caracterizan para poder ser utilizada como fertilizante han sido demostradas efectuándose muchas experiencias acerca de la utilización de dicho sólido cristalizado en diversos cultivos, en EE.UU., Alemania, Inglaterra, Japón y Egipto (Linuesa, 2015).

Algunas de sus características; buen fertilizante debido a su lenta liberación de nutrientes, permitiendo el equilibrio entre la concentración de estos en el suelo y las necesidades de la planta, evitando así nitrificación, baja concentración en metales pesados en relación a los fertilizantes obtenidos a partir de roca fosfórica, capacidad de enriquecer grandes superficies de terreno con pequeñas cantidades de dicho mineral (Redondo, 2015). Los nutrientes que aporta son fundamentales para la agricultura y la horticultura como son el magnesio, nitrógeno y fósforo, permitiendo que la planta los consuma de acuerdo a sus requerimientos evitando así la lixiviación y disminuyendo el riesgo de contaminación de acuíferos (Linuesa, 2015).



Fuente: Redondo, 2015.

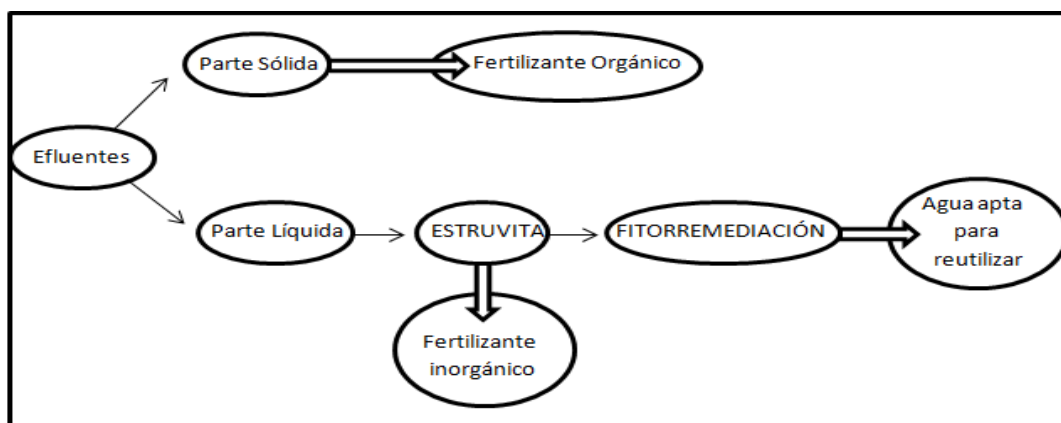
**Figura 5:** Microfotografías de estruvita precipitada.

El notable aumento de la producción y el rendimiento de los cultivos a nivel mundial ocurrido en los últimos 60 años pueden ser atribuidos a numerosos factores, entre ellos la aplicación de fertilizantes contribuyó significativamente, por lo que su consumo a nivel mundial creció notablemente en las últimas décadas (CIAFA, 2013). Este crecimiento abrió la puerta a la producción local de fertilizantes, que fueron ocupando un rol creciente en la provisión del mercado argentino. En el año 1992, la participación de los fertilizantes nacionales era del 15% del

consumo total mientras que en el año 2011 la participación fue del 40% sobre el total (CIAFA, 2013). Por lo tanto la producción de fertilizantes (estruvita en este caso), se ha vuelto una alternativa viable desde el punto de vista económico definido por el continuo aumento de su demanda. Por otro lado, considerando el modo de producción de dicho fertilizante se torna una estrategia ambiental debido a la disminución del impacto que genera en el medio.

Además de la producción de estruvita, otras técnicas que permiten la purificación de la parte líquida del efluente caracterizándose por ser de limpieza pasiva y estéticamente agradable, son las de fitorremediación que aprovechan la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes del medio ambiente. En esta técnica las plantas actúan como trampas o filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizan las sustancias metálicas presentes en el suelo y agua al fijarlos en sus raíces y tallos, o metabolizándolos tal como lo hacen los microorganismos para finalmente convertirlos en compuestos menos peligrosos y más estables, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O) y sales minerales (Martínez S. et al, 2010). Dentro de las tecnologías que se utilizan en el mundo para el tratamiento de las aguas residuales porcinas esta técnica ocupa un lugar importante ya que con ella se busca aprovechar los procesos físicos, químicos y biológicos que se presentan al interactuar entre sí el agua, el medio filtrante, las plantas, los microorganismos y la atmósfera (Martínez S. et al, 2010).

Los procesos mencionados se vuelven estrategias de producción ya que su aplicación en conjunto permite la obtención de beneficios no solo económicos si no también comerciales, posibilitando de esta forma que el establecimiento lograra una rentabilidad superior. Ello definido por la producción de fertilizante y la distinción de la carne de cerdo debido a su producción sustentable (Figura 6).



**Figura 6:** Secuencia de tratamiento para la producción de carne porcina sustentable.

## **Objetivo general**

Producir carne porcina de manera sustentable, diferenciada y certificada a través de la transformación de residuos.

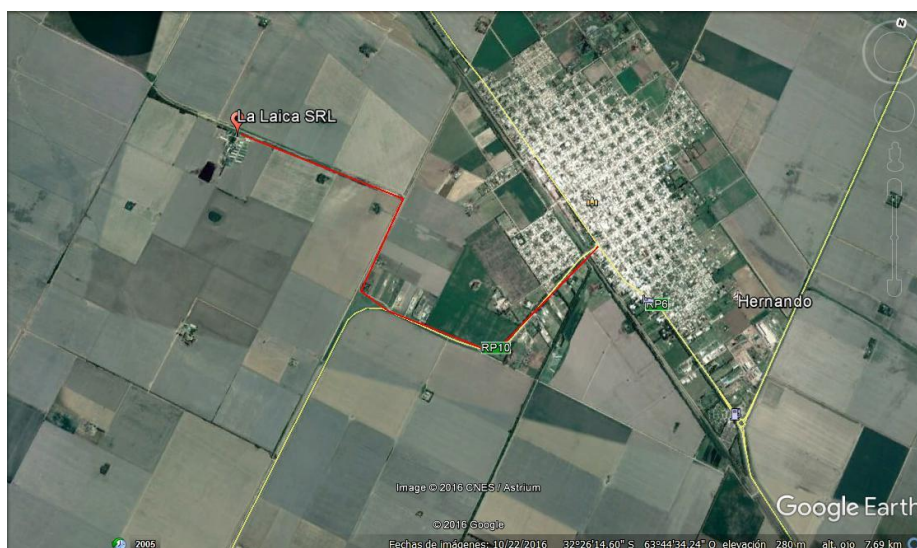
## **Objetivos específicos**

- Disminuir al mínimo los principales contaminantes del efluente mediante aplicación de la alternativa propuesta, recuperándolos y transformándolos en fertilizantes.
- Reutilizar el agua y nutrientes para una producción de carne sustentable.
- Distinguir y certificar la carne producida en el establecimiento.
- Generar beneficios a través de la comercialización del fertilizante generado y la distinción de la carne producida.

## Análisis de Caso

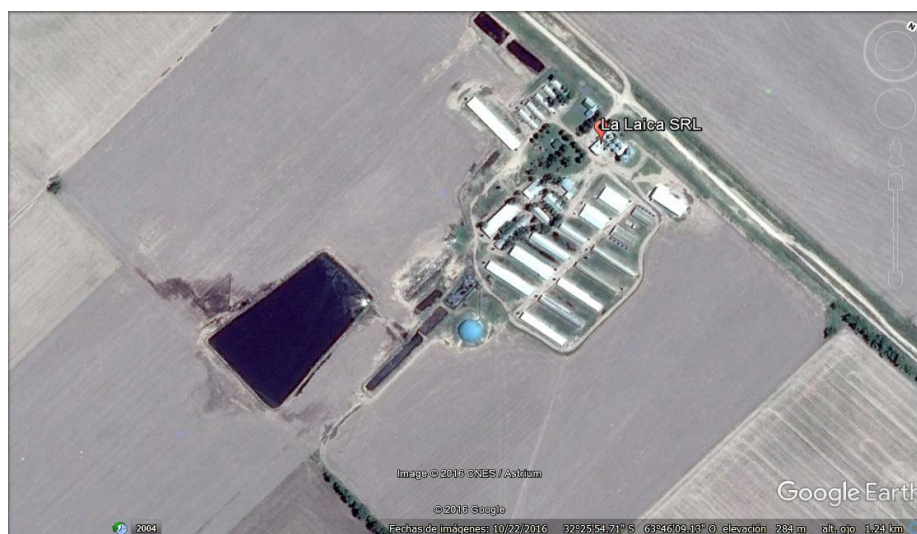
### **Ubicación del establecimiento**

La Laica S.R.L, es un establecimiento que se localiza a 5 km de la localidad de Hernando (Figura 8), hacia el noroeste, llegando al mismo por Ruta Provincial N° 10 (2 km) y camino rural (3 km). Se dedica a la cría de cerdos mediante un sistema de producción intensivo. El predio donde se encuentra instalado cuenta con 35 has de las que aproximadamente cinco de ellas son ocupadas por instalaciones (Figura 9). El resto presenta características agronómicas por lo que son destinadas a la producción agrícola las que se explotan bajo una rotación Soja – Maíz.



Fuente: Google Earth.

**Figura 7:** Imagen satelital de Hernando, recorrido hasta La Laica S.R.L.



Fuente: Google Earth.

**Figura 8:** Imagen satelital del establecimiento La Laica S.R.L.

### Descripción general de la actividad que realiza

Presenta instalaciones suficientes para albergar a más de 13.000 animales, considerando todas las categorías. Las mismas son altamente tecnificadas permitiendo producir en un ambiente totalmente controlado.

Cuenta con 800 cerdas raza Penerlan (Figura 10), las cuales son inseminadas de manera artificial con semen extraído de padrillos propios y raza semejante. Hembras preñadas se mantienen en la zona de gestación durante 110 – 114 días, posteriormente son llevadas a la maternidad (zona de parición) donde se las mantiene, junto con sus lechones, hasta el momento del destete a los 24 días.



**Figura 9:**Zona de gestación, establecimiento La Laica S.R.L.



**Figura 10:**Vista exterior zona de recría y engorde del establecimiento La Laica S.R.L.

Destetadas, las madres vuelven hacia la zona de gestación para volver a ser inseminadas posterior a los próximos 10 días, obteniendo 2,4 partos/hembra/año y los lechones de 24 días y con aproximadamente 6 kg pasan a zona de recría (Figura 12) donde se mantienen durante 50 días, llegando a aproximadamente a 55 kg y recibiendo en este tiempo alimentación específica a medida que transcurre la etapa (iniciador 1, 2, 3). A partir de este momento pasan a la zona de desarrollo (Figura 13) y terminación alcanzando su peso final de 110 kg.



**Figura 11:** Vista interior zona de recría, establecimiento La Laica S.R.L.

Todas las instalaciones, gestación, maternidad, desarrollo y terminación, cachorras y padrillos cuentan con piso enrejado el cual permite que la totalidad de excretas se depositen en canaletas individuales por debajo del piso, las que convergen en una sola y la principal.



**Figura 12:** Vista interior zona de desarrollo, establecimiento La Laica S.R.L.

Las excretas se encuentran constituidas por una parte seca, formada por el estiércol de los animales (excreta) y restos de alimentos y otra líquida, conformada por orina, remanentes de agua de los bebederos y la del lavado. En conjunto lleva el nombre de efluente o purín y se lo define como material no estéril, generalmente básico y bastante salino, que posee cantidades importantes de hidratos de carbono, lípidos, aminoácidos, proteínas, urea y compuestos azufrados, así como contenidos elevados de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) (Tabla 1). También contiene micronutrientes como hierro (Fe), cinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn) (Brunori J. et al. 2011).

El alto contenido de estos macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes, la presencia de metales pesados (particularmente cobre) y pesticidas, la generación de compuestos fácilmente volatilizables como amonio ( $\text{NH}_4$ ) y gases como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), como el alto contenido de materia orgánica son los parámetros que caracterizan el potencial contaminante de estos residuos ganaderos (Vicari, 2012).

La concentración de tales elementos depende de factores como la raza, el estado fisiológico, la dieta a la que son sometidos los animales, como así también el tipo de almacenamiento (Brunori J. et al. 2011).

**Tabla 1:** Principales componentes y valores promedios de las excretas porcinas.

Parámetro	Concentración
Materia seca	5 – 7%
Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ )	15000 – 25000 mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	35000 – 60000 mg/l
N amoniacal	3000 – 5000 mg/l
Sodio	1000 – 2000 mg/l
Fósforo	1000 – 3000 mg/l
Potasio	1000 – 3000 mg/l
Cobre	20 – 40 mg/l
Zinc	20 – 40 mg/l
Hierro	50 – 150 mg/l

Fuente: Brunori J. et al. 2011.

- $\text{DBO}_5$ : demanda biológica de oxígeno; es la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos para degradar la materia orgánica por vía biológica a un tiempo (cinco días) y temperatura específica ( $20^\circ\text{C}$ ) (Gallo, 2016).

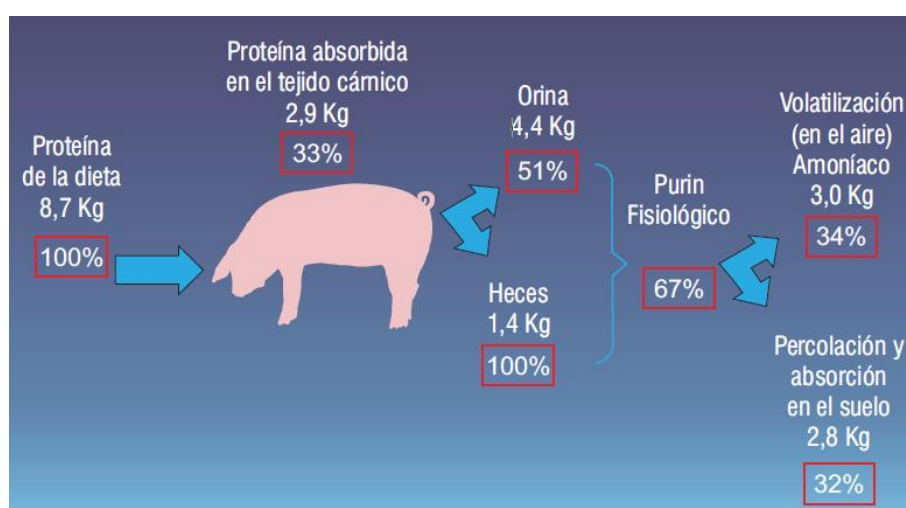
- $\text{DQO}$ : demanda química de oxígeno; parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltos o en suspensión en una muestra líquida. Mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar por vía química la totalidad de la materia orgánica. Se expresa en miligramos de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) por litro (mg/l). Los productos que se obtienen



son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua por parte de la materia orgánica y amoníaco (NH<sub>3</sub>) por parte del nitrógeno orgánico (Gallo, 2016).

Las elevadas cargas encontradas de las formas químicas solubles de macronutrientes (N, P, K), son consecuencia del ineficiente aprovechamiento (índice de conversión) nutricional que estos animales presentan (Figura 14); de cada gramo de proteína consumida tan solo el 33% es utilizado para la formación de tejido (carne), y el resto se elimina en forma de subproductos, provenientes de la hidrólisis de la proteína (Brunori J. et al. 2011).

Además de las características físico – químicas mencionadas, es importante considerar la composición microbiología del efluente. Si bien se encuentran diversos resultados, es común observar la presencia de bacterias como *Escherichiacoli*, *Salmonella* en algunos casos y parásitos (huevos de *Helmintos*, varios géneros) como los más importantes (Vicari, 2012).



Fuente: Brunori J. et al, 2011.

**Figura 13:** Dinámica de utilización de los recursos proteicos de un cerdo durante el proceso de producción.

La generación diaria de purín también es variable (Tabla 2), dependiendo de la cantidad de animales y su categoría, los productos utilizados en la desinfección, la época del año y, principalmente la cantidad de agua utilizada para la limpieza. En referencia a este último punto se considera normal el uso de entre 6 a 18 litros de agua de lavado por 1 litro de excreta (Vicari, 2012).

**Tabla 2:** Volumen (litros/día) de líquidos residuales de las diferentes categorías de cerdos.

Categoría de cerdos	Estiércol	Estiércol + Orina	Efluentes líquidos
Cerdas en gestación	3,60	11,00	16,00
Cerdas en lactancia	6,40	18,00	27,00
Lechones destetados	0,35	0,95	1,40
25-100 kg.	2,30	4,90	7,00
Machos	3,00	6,00	9,00

Fuente: Vicari, 2012.

Las excretas son retiradas con frecuencia semanales, conducidas por desnivel (gravedad) mediante el uso continuo de agua, directamente hacia el primer tratamiento (biodigestores). Son previamente filtradas para eliminar cualquier material físico que condicione la actividad microbiana de los mismos y por lo tanto reduzca su eficiencia.

El primer tratamiento, entonces, con el que cuenta el establecimiento (digestión anaeróbica) está conformado por dos biodigestores de geomembrana, el primero (Figura 15) tiene una capacidad de  $1.800\text{m}^3$  (15m x 20m x 3,5m), más la altura propia de la geo membrana y el segundo (Figura 16) de  $5.130\text{m}^3$  (33m de diámetro x 6m de profundidad).

En ellos, por medio de un proceso biológico fermentativo un gran porcentaje de las excretas diarias generadas, son digeridas y convertidas en biogás el cual se utiliza en la cantidad necesaria para calefaccionar dos salas de maternidad con las que cuenta el establecimiento, el área de destete y engorde. El biogás producido es superior a lo demandado incluso en invierno (época de mayor consumo de biogás debido a las bajas temperaturas), dicho excedente se pierde ya que no se cuenta con la posibilidad de almacenarlo o quemarlo por medio de una antorcha. En los biodigestores también se elimina gran parte de los agentes patógenos presentes en las excretas.



**Figura 14:** Primer biodigestor, establecimiento La Laica S.R.L.



**Figura 15:** Segundo biodigestor, establecimiento La Laica S.R.L.

El porcentaje restante que no fue digerido pasa a una serie de dos piletas (digestión facultativa y aeróbica) en las que, por un lado, se separa la parte sólida de la líquida por decantación (tratamiento físico) y, por otro, se produce la remoción de contaminantes por medio de descomposición anaeróbica y aeróbica. Ambas se encuentran descubiertas y presentan el piso totalmente impermeabilizado. Tienen una capacidad de  $900\text{m}^3$  la primera (Figura 17) ( $10\text{m} \times 60\text{m} \times 1,5\text{m}$ ) y  $540\text{m}^3$  la segunda (Figura 18) ( $10\text{m} \times 90\text{m} \times 0,6\text{m}$ ).



**Figura 16:** Pileta de condición facultativa, establecimiento La Laica S.R.L.

Barros decantados en la primera pileta se remueven semanalmente y se los utiliza directamente como abono orgánico en lotes circundantes, repartidos por medio de un dispersador de líquidos, implemento de arrastre.



**Figura 17:** Pileta de condición aeróbica, establecimiento La Laica S.R.L.

A partir de la segunda pileta todo el líquido restante pasa a un gran espejo de agua, con capacidad para aproximadamente 30.000m<sup>3</sup> que se mantiene por equilibrio precipitación/evaporación. Tratamientos anaeróbicos (biodigestores), facultativos y aeróbicos (piletas de estabilización), como así también el tratamiento físico del efluente (separación parte líquida de sólida por medio de decantación) nombrados con anterioridad, fueron desarrollados para cumplir con la normativa vigente, siendo apropiados y respondiendo a lo exigido por la Ley Provincial N° 8.973 que adhiere a la Ley Provincial N° 10.208; Ley de Política Ambiental de la Provincia de Córdoba, aplicadas por el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos a través de la Secretaria de Recursos Hídricos y Coordinación, caracteriza y clasifica el efluente, determina y exige el manejo necesario para así obtener valores dentro de los parámetros adecuados para el vertido del mismo a cuerpos receptores (cursos de agua superficiales, conductos pluviales, canales de desagüe o avenamiento, canales de riego, sistemas de aguas subterráneas, subsuelo, suelo para el reúso de efluentes líquidos o uso agronómico de los mismos). Los valores quedan establecidos por el Decreto 415/99; Normas para la Protección de Recursos Hídricos Superficiales Y Subterráneos, de acuerdo al Decreto 247/15; Plan de Gestión Ambiental Y Auditorías Ambientales. La Ley Provincial N° 8.973 adhiere a la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos.

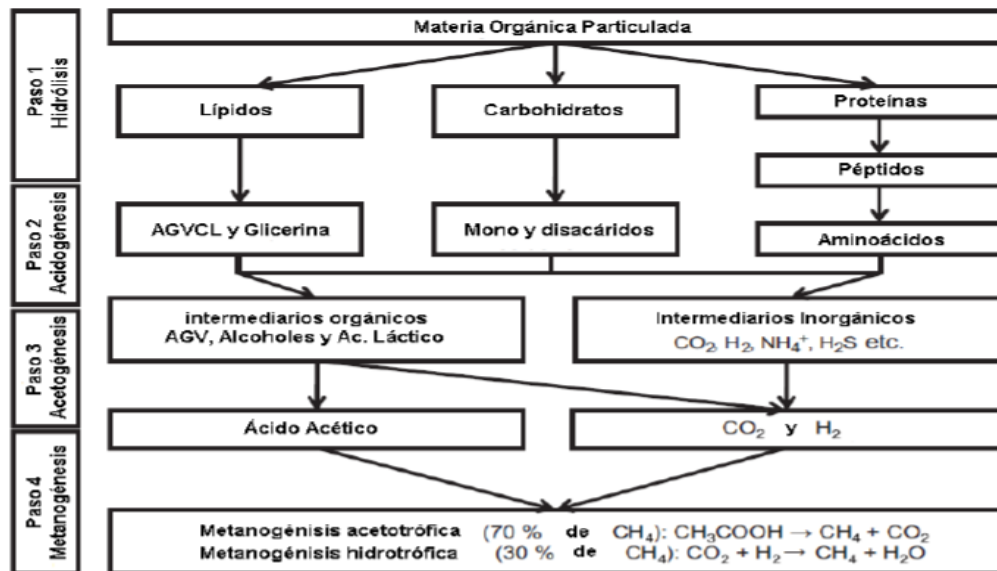
### **Evaluación del sistema de tratamiento del efluente**

Como se mencionó anteriormente, las excretas generadas son recolectadas y conducidas por desnivel y agua hacia los biodigestores. Se producen 60.000 litros diarios de efluente, los cuales concentran un 10% de materia seca (6.000kg), el resto del gran volumen producido evidencia la gran cantidad de agua utilizada para la limpieza de instalaciones.

La digestión del efluente, proceso biológico, se inicia con la descomposición en ausencia de oxígeno de la materia orgánica como consecuencia de las interacciones metabólicas entre distintos grupos de microorganismos. Los productos finales que se obtienen son biogás y un residuo final estabilizado (digestato):

Biogás: formado principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases, en menor proporción, como ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ). En la actualidad se produce  $1.800 \text{ m}^3$  de biogás por día, siendo este resultado de la interacción de varios procesos (Figura 19); desintegración de las moléculas complejas de sustrato y partículas de carbohidratos, proteínas y lípidos, gracias a procesos físicos y a las enzimas extracelulares producidas por los microorganismos facultativos, continuado por la hidrólisis enzimática de las partículas de carbohidratos, proteínas y lípidos a azúcares, aminoácidos y ácidos grasos de cadena larga (AGCL) respectivamente; compuestos solubles, que posteriormente serán metabolizados por las bacterias en el interior de la célula. Acidogénesis, que consiste en la degradación de los azúcares y los aminoácidos, por microorganismos acidogénicos, produciendo ácidos grasos volátiles (AGV), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Los AGV y los AGCL son convertidos por los microorganismos acetogénicos en ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ),  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$ , proceso llamado acetogénesis. Finalmente, el  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$  producidos a lo largo del proceso son usados por los microorganismos metanógenos hidrogenotróficos para producir metano ( $\text{CH}_4$ ), mientras que el  $\text{CH}_3\text{COOH}$  es usado por metanógenos acetoclásticos para producir metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), última etapa denominada metanogénica (Romero, 2016).

El sistema de recolección de biogás cuenta con un filtro de ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) el cual evita la corrosión producida por este elemento.



Fuente: Romero, 2016.

**Figura 18:** Esquema de los diferentes procesos de la conversión anaeróbica de residuos orgánicos.

En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano (CH<sub>4</sub>), consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano (Brunori J. et al. 2011).

Este es un proceso fuertemente dependiente de la temperatura. Existen tres rangos de temperatura para el proceso de biodigestión. Éstos son: psicrófilico (por debajo de los 25°C), mesófilico (entre 25° y 45°C) y otro termófilico (entre 45° a 60°C). Generalmente los biodigestores funcionan dentro del rango mesófilico y la digestión óptima se obtiene alrededor de los 35°C (Buryaile R. et al, 2016).

En el establecimiento ambos digestores trabajan con temperaturas de alrededor de 35°C, temperatura mayor a la cual llega el efluente, pero aumentada y mantenida por la propia digestión anaeróbica.

El tiempo de resistencia hidráulico (TRH) es el tiempo de permanencia de biomasa en el biodigestor y si bien no existe un criterio unificado para determinar el tiempo de retención, se puede tomar como referencia que para procesos de digestión de baja carga, sin calefaccionar, ni mezclar, los TRH que se suelen utilizar oscilan entre 30-60 días; mientras que para procesos de digestión de alta carga, donde el contenido del digestor se calienta y mezcla, el TRH suele ser de 15 días o menos (Brunori J. et al. 2011).

Los efluentes producidos en el establecimiento tienen un TRH de 15 días en el primer biodigestor y otros 15 días en el segundo, totalizando 30 días de retención hidráulica.

Ambos biodigestores cuentan con un sistema de agitación continua, factor muy importante para evitar que sedimenten los sólidos en el fondo de los reactores, y para mantener una composición homogénea.

El pH es uno de los parámetros de control más importantes en la operación de los biodigestores, debido a que los microorganismos metanogénicos presentan una gran sensibilidad a las variaciones del mismo. Si el valor de pH se mantiene entre 6,5 y 7,5 se consigue un buen

rendimiento de degradación de la biomasa y una elevada concentración de metano (Buryaile R. et al, 2016).

El pH medido en cada uno de los digestores, si bien puede variar mínimamente, se encuentra siempre por encima de 7.

La digestión anaeróbica llevada a cabo en biodigestores y bajo las condiciones mencionadas permite la obtención de energía con alta eficiencia a expensas de reducir la carga orgánica (DQO – DBO) entre un 60 – 90% por medio de microorganismos anaeróbicos disminuyendo tanto sólidos totales como sólidos volátiles, lo que determina una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero como el metano ( $\text{CH}_4$ ), también permite la reducción de un gran porcentaje patógenos y la obtención de un residuo con características fertilizantes. En gran cantidad de trabajos se obtuvieron los mismos resultados (Gallo, 2016; Prat-gay et al, 2016; Escalante V., 2000; Vicari, 2012; Del olmo y De Moreda, 2008; Panichelli D., 2013).

La digestión anaerobia por sí misma no reduce de forma significativa la concentración de nitrógeno y fósforo y, como consecuencia, el uso del residuo como abono puede verse limitado a causa de los problemas que conlleva el exceso de estos en la tierra. Diversas investigaciones concluyen de manera semejante (Redondo, 2015; Hidalgo D., 2014; Vidal G. et al, 2012).

Residuo: denominado “digestato”, es resultado de la digestión anaeróbica (Figura 20). Material semilíquido, reducido en carga orgánica, que sale del segundo biodigestor y se caracteriza por tener menos olor que el material inicial, mejor condición higiénica y encontrarse estabilizado, homogeneizado y con altas concentraciones minerales (Brunori J. et al. 2011).



Fuente: Vidal G. et al, 2012.

**Figura 19:** Muestras de efluente (izq.) y digestato (der.).

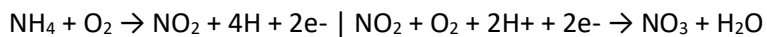
El mismo, es bombeado desde los digestores hacia el segundo tratamiento biológico, que como ya se mencionó, consiste en un conjunto de dos piletas en serie totalmente descubiertas y de

diferente profundidad, lo que asegura condiciones facultativas (en la primera) y aeróbicas (en la segunda), permitiendo el desarrollo de bacterias y algas las que contribuyen principalmente a la remoción de nitrógeno, fósforo y patógenos que no fueron eliminados en la etapa anterior. El tiempo de almacenamiento en las mismas es de 60 días.

Las características de las piletas permiten maximizar la penetración de luz y favorecer el crecimiento de algas, las cuales por medio de la acción de la fotosíntesis producen el oxígeno necesario para la degradación de los desechos por medio de los microorganismos aeróbicos. Los mismos son capaces de disminuir aún más el porcentaje de DBO5 y DQO remanente y remover importantes cantidades de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Vicari, 2012).

De ellos, el más involucrado es el nitrógeno. Se encuentra en su forma orgánica y reducida o amoniacal ( $\text{NH}_4$ ), eliminándose en gran parte por procesos biológicos en cadena, como son la nitrificación y desnitrificación:

El primero, consiste en la oxidación de amonio ( $\text{NH}_4$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y, luego, a nitrato ( $\text{NO}_3$ ), por medio de la siguiente reacción:



El segundo y a continuación del anterior, reduce el nitrato a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ );

$\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ , el cual se volatiliza hacia la atmósfera (Vidal G. et al, 2012).

Para que se produzca la nitrificación es necesaria la actuación de las bacterias amonio oxidantes y nitrito oxidantes. Las bacterias amonio oxidantes realizan la primera fase de la nitrificación, oxidan el amonio ( $\text{NH}_4$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) producto este intermedio. Las bacterias nitrito oxidantes se encargan de la segunda fase de la nitrificación, transformando el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Proceso que consume oxígeno disuelto y produce a la vez disminución de la alcalinidad del agua residual (Linuesa, 2015). El proceso de desnitrificación persigue el objetivo de la eliminación de nitrógeno, al utilizar los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) como aceptores de electrones. Por otra parte, la nitrificación supone un consumo de alcalinidad, sin embargo este segundo proceso produce aumento de la misma. Para que se produzca la desnitrificación se requieren condiciones anóxicas, ya que las bacterias que la llevan a cabo son heterótrofas facultativas que tienen preferencia por utilizar el oxígeno como aceptor de electrones. Por este motivo, la velocidad del proceso de desnitrificación disminuye conforme aumenta la concentración de oxígeno disuelto (Linuesa, 2015). Ambas reacciones se producen en la primer pileta (facultativa), ya que existe combinación de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, encontrándose únicamente las primeras en la región superficial (estrato superior) donde ocurre fotosíntesis y producción de oxígeno, combinación de ambas en una zona central facultativa y solo las segundas en la región del fondo (estratos inferiores) (Vicari, 2012). En el fondo se produce una biodegradación anaerobia, semejante a lo sucedido en los biodigestores nombrados con anterioridad, de los sólidos sedimentables (lodo), los que posteriormente serán retirados y distribuidos como abono orgánico. En la segunda pileta, solo la primera reacción ocurre dada su condición netamente aeróbica. Respecto al fósforo, se



encuentra principalmente en su forma orgánica y como fosfatos ( $PO_4$ ). Bacterias aeróbicas asimilan fosfatos inorgánicos que acumulan en la célula, metabolizando las materias carbonosas acumuladas, retornando al digestato dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ) (Linuesa, 2015). Reacción que puede evidenciarse en la superficie de la primera pileta (condición aeróbica) como en la totalidad de la segunda. Como resultado del tratamiento biológico (facultativo/aeróbico) desarrollado, se consigue una disminución respecto a la cantidad de lodos generados (parte orgánica) de aproximadamente el 16% y una desmineralización (parte líquida) de los principales componentes, de entre el 60 – 70% del nitrógeno y el 7 – 10% del fósforo, ambos remanentes del primer tratamiento anaeróbico llevado a cabo en los biodigestores. Valores que rondan 30% para el primero (N) y aproximadamente 30 – 70% para el segundo (P), indican el porcentaje de estos asociado a la parte orgánica. Cabe destacar que contribuye a la eliminación de patógenos. Los principales mecanismos de remoción de estos son gobernados por la actividad algal en sinergismo con la foto-oxidación, lo que en conjunto con los biodigestores se elimina más del 99% de los mismos (Cruz et al. 2004; Vicari, 2012; Panichelli D., 2013; Escalante V., 2000; Prat-gay et al, 2016). El segundo tratamiento biológico (piletas facultativa y aeróbica) y en general el sistema empleado finaliza, por un lado, con la recolección semanal de lodos decantados, los cuales al presentar características fertilizantes son utilizados como tales en campo circundante y, por otro, con el bombeo de la parte líquida del purín, el cual posee características apropiadas para su vertido, al espejo de agua mencionado, donde se mantiene por equilibrio entre evaporación y precipitaciones.

#### Inconvenientes con el actual sistema de tratamiento de efluente

El manejo actual es suficiente para que el establecimiento consiguiese autorización de vertido al cuerpo receptor “suelo” y su aprovechamiento como abono orgánico (Figura 21). Esta última alternativa se ve limitada, ya que su constante aplicación incrementó de manera significativa valores normales de muchos de los componentes que conforman la parte mineral (inorgánica) del suelo, principalmente el fósforo, impidiendo de esta manera su continua incorporación (Figura 22). El resultado; la acumulación del mismo o la consecuente aplicación como abono, lo que genera un claro problema ambiental. Los elevados valores encontrados en el suelo de micronutrientes tales como potasio (K), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), etc. son menos considerados y resultan también contaminantes importantes.

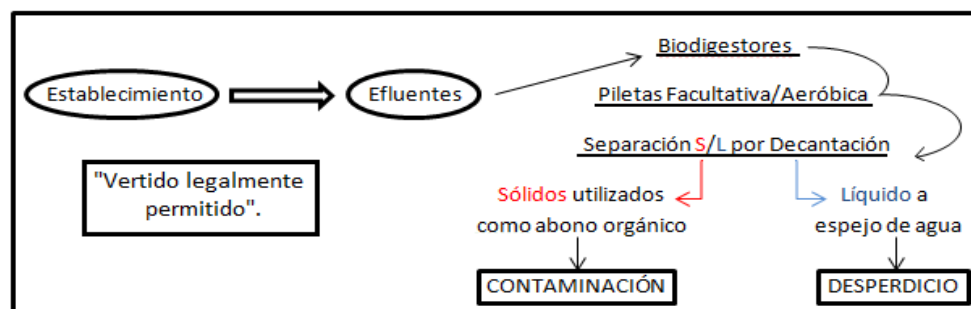


Figura 20: Problemática del actual manejo del efluente.

### Informe resumido de laboratorio.

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Productor: Angaramo R. La Laica SRL  
 Campo: S/N  
 Lote: Criaderos 35 has  
 Profundidad: 0-20  
 Código Laboratorio B\_322\_22



Determinación	Valor	Unidad	Referencia	Metodología
pH	6,300		Menor a 6.5 Acido / 6.5 a 7.3 Neutro / 7.3 o Mayor Basico	Relación suelo agua 1:2,5
Conductividad	0,172	dS/m	Menor a 0.2 Bajo / 0.2 a 0.4 Medio / 0.4 o Mayor Alto	Relación suelo agua fija 1:2,5
Materia Orgánica	2,150	%	Menor 1 Bajo / 1 a 2.5 Medio / 2.5 o Mayor Alto	Combustión oxidativa por calor
Fósforo	159,783	ppm	Menor 8 Bajo / 8 a 15 Medio / 15 o Mayor Alto	Bray & Kurtz I - ICP
Nitrógeno Total	0,108	%	Menor 0.05 Bajo / 0.05 a 0.125 Medio / 0.125 o Mayor Alto	Cálculo a partir %C
Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> )	35,207	ppm	Menor 20 Bajo / 20 a 50 Medio / 50 o Mayor Alto	Colorimetría (naftiletildiamina)
Azufre	15,043	ppm	Menor 9 Bajo / 9 a 20 Medio / 20 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Cobalto	2,131	meq/100 gr	Menor 0.13 Bajo / 0.13 a 0.2 Medio / 0.2 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Cromo	10,154	meq/100 gr	Menor 4 Bajo / 4 a 12 Medio / 12 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Magnesio	3,671	meq/100 gr	Menor 0.4 Bajo / 0.4 a 0.8 Medio / 0.8 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Sodio	0,097	meq/100 gr	Ver PSI	Mehlich III - ICP
CIC	19,888	meq/100 gr	Menor 10 Bajo / 10 a 20 Medio / 20 o Mayor Alto	Acetato de Na - ICP
Hidrógeno		-	-	-
Aluminio		-	-	-
Cloro		-	-	-
Zinc	14,870	ppm	Menor 2.9 Bajo / 2.9 a 10 Medio / 10 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Cobre	9,739	ppm	Menor 0.3 Bajo / 0.3 a 0.4 Medio / 3 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Manganeso	89,565	ppm	Menor 9 Bajo / 9 a 14 Medio / 49 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Boro		ppm	Menor 0.4 Bajo / 0.4 a 0.5 Medio / 2.5 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Cobalto	1,148	ppm	En calculo	Mehlich III - ICP
Molibdeno	0,663	ppm	En calculo	Mehlich III - ICP
Hierro	188,696	ppm	Menor 4.5 Bajo / 6 a 9 Medio / 50 o Mayor Alto	Mehlich III - ICP
Densidad Aparente		gr/cm <sup>3</sup>	Según tipo de suelo.	Cilindro 10 cm
Arena		%	Según tipo de suelo.	Hidrómetro de Bouyoucos
Arcilla		%	Según tipo de suelo.	Hidrómetro de Bouyoucos
Limo		%	Según tipo de suelo.	Hidrómetro de Bouyoucos
PSI	0,49%	%	Menor 5 Bajo / 5 a 15 Medio / 15 o Mayor Alto	Cálculo
Materia Orgánica Joven		%	-	Tamizado y Combustión

- 1- Las Referencias de niveles son orientativos y pueden ser muy diferentes a estos según tipo de suelo. Consultar Asesor local.
- 2- Todos los valores obtenidos han superado el proceso de control de calidad interno del laboratorio.
- 3- Las metodologías utilizadas se calibraron por interlaboratorio con laboratorios nacionales e internacionales.
- 4- Para una correcta lectura de los datos se recomienda la participación de un Ing. Agronomo o afín.
- 5- Los valores en cero corresponden a determinaciones de otras rutinas o no disponibles al momento.

Laboratorio de análisis de Suelo, Tejido vegetales y Agua.

Dirección: San Martín 1405 La Carlota, Córdoba. (CP2670)  
 Teléfono: 03584-422699  
 E-Mail: laboratoriodesuelos@agd.com.ar

  
 Ing. Química Daniela Sarracini

Fuente: AgLab, 2016.

**Figura 21:** Análisis químicos correspondientes a las 35 has agrícolas del establecimiento La Laica S.R.L.

La exportación de lodos del sistema para su posterior utilización como abono en otros predios agrícolas no es una alternativa considerada. Dichos lodos presentan grandes cantidades de agua, por lo tanto dificultan y encarecen el transporte, no justificándolo. Se hace evidente la necesidad de un tratamiento complementario al purín el cual permita su exportación del sistema por disminución de humedad y/o la eliminación del principal componente que limita su uso como abono, el fósforo.

Es de interés mencionar la pérdida de la capacidad hidráulica, el aumento de bombeo e incremento en los costos de mantenimiento en los sistemas de conducción como de esparción del efluente por precipitados fosfóricos que se dan de manera natural por su alta concentración.

Además, el Decreto 2711/01; Canon de usode Cuerpos Receptores, modifica el antes mencionado Decreto 415/99, y establece un monto anual a pagar en concepto de derecho de descarga a partir del corriente año. El mismo es determinado en función de una tasa mínima ( $T_m$ ) por un coeficiente "C" que corresponda a la clasificación de las actividades según la naturaleza de los efluentes, por un coeficiente "Q" asignado según el caudal de vertido, y por el coeficiente "A" encuadrado según el riesgo potencial de contaminación al recurso.

Por lo mencionado, este nuevo Decreto genera un gasto anual significativo y por lo tanto un inconveniente económico. Demostrando y certificando eficiencia en el tratamiento, por mejoras tecnológicas, reciclado o reutilización de los efluentes que resulten en disminución sustancial en la cantidad o mejora sustancial en la calidad, y que esto ocurra en forma sostenida durante un año, el mismo Decreto establece que se reducirá el canon de uso en forma progresiva, salvando en parte dicha problemática económica. La metodología es la siguiente:

- El primer año, descuento del 15%.
- El segundo año consecutivo, descuento del 25%.
- El tercer año consecutivo, descuento del 40%.
- Desde el cuarto año consecutivo descuento del 50%.

Además de ello, el gasto anual que corresponde a la extracción de agua es también elevado. El establecimiento extrae diariamente 220.000 litros de agua de los que aproximadamente el 25% es destinado a limpieza de instalaciones, totalizando 55.000 litros. La Ley Provincial 9.867; Administración Provincialde Recursos Hídricos, establece monto a pagar por metros cúbicos extraídos. Por esta razón, la posible reutilización del agua destinada a la limpieza de las instalaciones, considerando el gran volumen que representa, se convierte en un objetivo principal respecto a la necesidad de modificar el sistema de tratamiento. Para ello es necesario un proceso adicional a la parte líquida del purín, que lo lleve a tener características tales que permitan su reutilización.

## FODA

### **Fortalezas:**

- Potencial reutilización de efluentes; agua, abono dentro y fuera del establecimiento
- Producción de biogás y biofertilizante, reducción de contaminantes y olores en el efluente.
- Existencia de alternativas y equipos necesarios para el manejo de los mismos.
- Reducción significativa del impacto ambiental.
- Producción distinguida

### **Oportunidades:**

- Crecimiento del consumo interno. Imagen positiva del mercado externo.
- Aumento de la demanda por parte del consumidor de productos de calidad y amigables con el ambiente.
- Beneficios debidos a la reutilización del agua, por medio del reciclaje de sus principales componentes.
- Elevada y continua demanda de fertilizantes, principalmente fosforados. Componente excesivo en el efluente.

### **Debilidades:**

- Falta de sensibilidad y conciencia respecto a la sustentabilidad ambiental, poco conocimiento de los riesgos y falta de información.
- Escasa planificación previa para disminuir los factores de riesgo de contaminación.
- Visión de los efluentes como un residuo y no como un insumo o recurso.
- Tiempo e inversión requeridos para llevar adelante el proceso

### **Amenazas:**

- Competidores externos muy agresivos en cuanto a calidad y gestión alimentaria. Creciente presión y control por parte de los países desarrollados respecto a inocuidad, calidad y protección ambiental.
- Carencias e ineficiencias de políticas nacionales, controles y regulaciones.
- Tendencia a la intensificación incrementando el riesgo de contaminación por concentración de la producción.

## Indicadores de Responsabilidad social y Sustentabilidad

### **Dimensión visión y estrategia:**

*Indicador numero 1;* estrategias para la sustentabilidad: las actividades que en el establecimiento se realizan fueron planificadas a largo plazo y son llevadas a cabo mediante proyectos en el mediano y corto plazo. Permitiendo desarrollar dichas actividades de manera eficiente, sustentable y rentable, respetando el entorno donde está inserto el establecimiento. El proyecto planteado en el trabajo resulta una estrategia para reducir el impacto ambiental de la producción de carne porcina.

*Indicador numero 2;* propuestas de valor: generar carne de cerdo de calidad distinguida (valor agregado) mediante la transformación de lo que se consideraba un desecho (efluente), en un producto comercializable como la estruvita.

**Dimensión gobierno y gestión:**

*Indicador numero 6;* compromisos voluntarios y participación en iniciativas: asumidos por el establecimiento para intervenir a cada factor que conforma el sistema productivo desde una óptica más ética y responsable. Considerando los factores más importantes al social, animal y ambiental.

*Indicador numero 9;* reportes de sustentabilidad y reportes integrados: evaluando por medio de un check-list (Anexo 1), se evidencia el desempeño ambiental (el cual se mejora notoriamente con el proyecto) que en conjunto con el desempeño económico y financiero la empresa brinda clara información.

*Indicador numero 10;* comunicación con responsabilidad social: considerando indicadores 6 y 9, el conocimiento de la forma en que el establecimiento realiza el proceso productivo influyen de manera muy positiva en la sociedad.

**Dimensión impacto social:**

*Indicador numero 21;* trabajo infantil en la cadena de proveedores: la empresa no presenta empleados de menos de 20 años de edad y exige a sus proveedores (productos veterinarios, alimenticios, etc) y compradores la certificación de lo antedicho.

*Indicador numero 22;* trabajo forzado (o análogo al esclavo) en la cadena de suministros: el establecimiento no realiza actividades de índole semejante, por el contrario brinda condiciones óptimas de trabajo, vestimenta adecuada a cada actividad, jornadas no mayores a ocho horas, francos, vacaciones remuneradas, aportes patronales, etc. Exige condiciones semejantes a proveedores y compradores.

*Indicador numero 26;* remuneración y beneficios: mencionado en el punto anterior (indicador numero 21). Además, los empleados destacados (presencia, puntualidad, responsabilidad, etc.) son valorados con premios mensuales.

**Impacto ambiental:**

*Indicador numero 37;* acciones relacionadas al cambio climático: con el manejo propuesto en el tratamiento del efluente, sumado a los ya existentes se logra minimizar la liberación de algunos de los principales elementos que causan el efecto invernadero (carbono, nitrógeno, sulfatos, etc.).

*Indicador numero 39;* sistema de gestión ambiental: aplicando el proyecto desarrollado el establecimiento transforma la gran cantidad de desechos que genera en recursos, definiendo una excelente gestión ambiental.

*Indicador numero 40;* prevención de la contaminación: el manejo del efluente descrito reduce la contaminación a límites ínfimos.

*Indicador numero 42;* uso sustentable del recurso agua: tal vez el indicador más relevante de la planificación planteada, ya que por medio de ella se posibilita la completa reutilización de este recurso tan importante y vital para la sociedad.

*Indicador numero 43;* uso sustentable del recurso energía: la cual es generada en el propio establecimiento a partir de los desechos porcinos.

*Indicador numero 47;* logística de reversa: la empresa recicla – reutiliza los residuos generados, comportándose ambientalmente de manera adecuada

**Tabla 3:** Público afectado por la actividad realizada en el establecimiento.

Público de Interés	Oportunidad	Riesgo	Indicador de RS&S.	Gestión de RS&S.	Valor agenerado			
					Directo	Ético Cultural	Social	Ambiental
	Afectación Positiva (+)	Afectación Negativa (-)	Número (justificado con anterioridad)	Respuesta de RS&S.				
Productor	+		1-2-6-9-10-21-22--26	Planificación de acciones, producto final distinguido, empresa comprometida social y ambientalmente, transparente, libre de trabajo forzado e infantil, etc.	X	X	X	X
Empleados	+		21-22-26	No existe la presencia de trabajo infantil como de trabajo forzado o esclavo. El establecimiento brinda condiciones de trabajo dignas, vestimenta adecuada, salarios acordes y premia a empleados destacados.		X		X
Proveedores (Insumos varios, genética, etc.)	+	-	21-22	Personas físicas o jurídicas que no certifiquen trabajo forzado e infantil no serán tenidas en cuenta para la compra de insumos. Lo contrario para aquellas personas físicas o jurídicas que certifiquen lo antecicho.	X	X		
Intermediarios (transformadores de carne porcina, industrializadores)	+		1-6-21-22-39-40-42	Fertilizante producido (estruvita) compite en dicho comercio con ventajas respecto a la forma de producirlo y, por lo tanto, el menor precio.		X	X	X
Consumidores	+	-	10-21-22-37-42	El consumidor tiene la opción de exigir formas de producción por medio de su consumo (demanda). El producto certificado y distinguido es de mayores costos.		X		X
Indirectos	Afectación Positiva (+)	Afectación Negativa (-)	Número (justificado con anterioridad)	Respuesta de RS&S.	Ético Cultural	Social	Ambiental	Económico
Sociedad futura	+		21-22-37-40-42-43-47	La empresa además de cumplir con requisitos legales se vuelve un modelo a replicar por otros establecimientos, por medio de políticas que lo incentiven.		X	X	
Sociedad general (Consumidora o no)	+		37-39-40-42-43-47	Se disminuye la contaminación ambiental, malos olores, se valoriza el recurso agua, disminuye la dependencia de energía (autoabastecimiento).		X	X	
Otros productores	+	-	1-2-39	Puede realizarse en establecimientos semejantes. Aquellos que no realizan actividades como la planteada quedan en desventaja a la hora de la competencia comercial.		X	X	X
Inversionistas	+		1-2-6-9-10	Esstrategias desarrolladas requieren de importante capital inicial, por un lado y, por otro, brindan importantes beneficios en el mediano y corto plazo.	X			X
Personas físicas/jurídicas productoras de fertilizantes		-	39-40-42-43-47	Fertilizante producido (estruvita) compite en dicho comercio con ventajas respecto a la forma de producirlo y, por lo tanto, el menor precio.	X			X

## Propuesta de Mejora

Por medio de la recuperación de nutrientes, desde el componente líquido del efluente, a través de la precipitación de estruvita, acoplado al manejo actual del efluente, no solo se obtienen mayores ingresos debido a la venta del fertilizante producido sino que también, en conjunto con la técnica de fitorremediación, se logran valores minerales en el agua que permiten la reutilización de la misma en la limpieza de instalaciones, reduciendo el pago de la tasa anual por su utilización establecido en el Decreto 2711/01, como así también la eliminación del principal elemento problema, el fósforo (P). Todo ello determina, por un lado, valor agregado al efluente ya que del mismo se obtiene un producto comercializable y, por otro, una producción de carne de cerdo amigable con el medio ambiente, certificada y diferenciada, lo que lleva a una mejor imagen nacional como internacional, dando al establecimiento la posibilidad de lograr mejores precios en el mercado interno o la posibilidad de exportar.

La cristalización de estruvita (Tabla 4) a partir de desechos porcinos es hoy uno de los procesos más utilizados y económicos (Vidal G. et al, 2012), sucede al proceso de digestión anaeróbica utilizado para biodegradar la materia orgánica (DBO5 y DQO) presente en el purín transformándola principalmente en biogás y biomasa, sustrayendo del mismo el componente más limitante (fósforo).

De los 60.000 litros diarios de efluente generados un 10% corresponde al total de materia seca, lo que equivale a 6.000 kgMS/día. De este último, aproximadamente el 8% es nitrógeno (N) y el 3% es fósforo (P).

**Tabla 4:** disponibilidad de N - P - Mg para la producción de estruvita.

Efluente diario (lts)	Materia seca (%)	Balance de Nitrógeno				N - Disponible
60.000	10% (6.000 kg/día)	8 % N (480 kg/día)	70 % Digerido	90 % Biogás		480 kg/N/día - 144 kg/día N - Orgánico - 33,6 kg/día N - Biomasa
				10 % Biomasa	33,6 kg/día	
				30 % N - Orgánico	-----	
Efluente diario (lts)	Materia seca (%)	Balance de Fósforo				P - Disponible
60.000	10% (6.000 kg/día)	3 % P (180 kg/día)	1 % P - Biomasa	1,8 kg/día	-----	180 kg/P/día - 59,4 kg/día P - Orgánico - 1,8 kg/día P - Biomasa
			-----	-----		
			33 % P - Orgánico	59,4 kg/día		
Efluente diario (lts)	Materia seca (%)	Balance de Magnesio				Mg - Disponible
60.000		Por menores cantidades de este elemento en el efluente, en relación con otros considerados de mayor importancia, los análisis realizados generalmente no establecen su concentración. A la práctica no se considerará la cantidad inicial del mismo para la precipitación de estruvita. Por lo tanto se agregará la totalidad requerida bajo la forma de óxido de magnesio (MgO).				50,396 kg/Mg/día

Considerando los pesos moleculares de las sustancias y sus concentraciones:

Nitrógeno (NH<sub>4</sub>) = 18,04 gr/mol                      →            En purín 302.400 gr/día  
 Fósforo (PO<sub>4</sub>) = 95 gr/mol                              →            En purín 118.800 gr/día  
 Magnesio (MgO) = 40,30 gr/mol

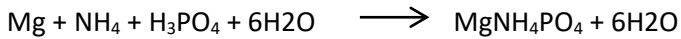
- Ecuaciones Químicas:

1 mol de PO<sub>4</sub> (95gr) \_\_\_\_\_ 1 mol de NH<sub>4</sub> (18,04 gr)

118.800 gr \_\_\_\_\_ **22.559,49 gr = 22,559 kgN/día**(presente en el agua del efluente)

1 mol de PO<sub>4</sub> (95 gr) \_\_\_\_\_ 1 mol de MgO (40,30 gr)

118.800 gr \_\_\_\_\_ **50.396,21 gr = 50,396 KgMg/día**(agregado al agua del efluente)



1 mol Mg + 1 mol de NH<sub>4</sub> + 1 mol de PO<sub>4</sub> \_\_\_\_\_ 1 mol de estruvita

1 mol de PO<sub>4</sub> (95 gr) \_\_\_\_\_ 1 mol de MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> (137,34 gr)

118.800 gr \_\_\_\_\_ **171.747,284 gr = 171,74 Kg de estruvita / día**

#### Diseño experimental:

Lo primero a tener en cuenta para eficientizar el sistema, es el tratamiento físico del efluente (separación solido de líquido) donde se dejará de lado la actual separación por decantación, para optar por uno más avanzado conformado por un tamiz estático (Figura 23) seguido de un tornillo prensa, ubicados ambos luego del primer tratamiento biológico: biodigestión.



Fuente: Brunori J. et al, 2011.

**Figura 22:** Ilustración de un tamiz estático, con vista superior (izq.) e inferior (der.).

En principio el efluente entra a la cámara de distribución donde los sólidos se mantienen en suspensión. El flujo es distribuido a lo ancho del tamiz que posee una malla curva ranurada que permite al líquido pasar a través de las aberturas, mientras los sólidos son retenidos y desplazados por la cara superior de la malla filtrante por gravedad hacia la base del equipo (descarga inferior de sólidos). Este equipo no requiere mantenimiento o limpieza salvo por alguna eventualidad,



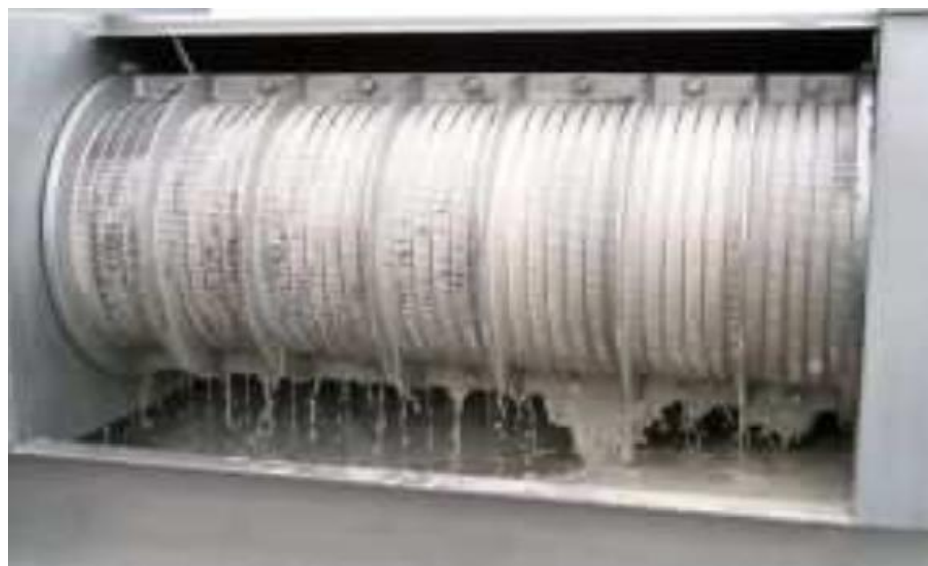
como tampoco personal capacitado para manejarlo. Es importante mencionar que puede extraer un 60% de líquido del purín.

Posteriormente encontramos el tornillo compactador(Figura 24 - 25) el cual se encarga de deshidratar la parte sólida proveniente del tamiz .



Fuente: Buryaile R. et al, 2016.

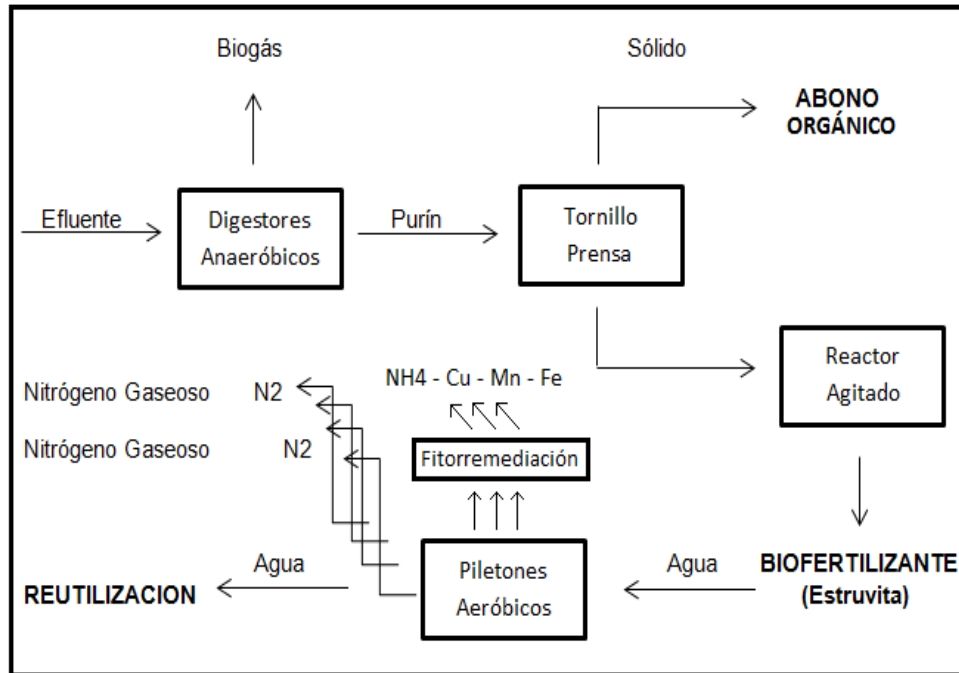
**Figura 23:** Ilustración vista externa, tornillo compactador.



Fuente: Shueiz, 2017.

**Figura 24:** Ilustración vista interna, tornillo compactador.

Cuenta con una zona de prensado a donde se fuerza a entrar a los sólidos los que son presionados y compactados por un tornillo contra una malla cilíndrica que lo recubre, descargando líquido extraído a través de la malla y sólidos con solo un 20% de humedad hacia el extremo terminal del tornillo. Dicho instrumento necesita ser controlado con periodicidad y se recomienda que, en lo posible, este bajo techo.



**Figura 25:** Conjunto de técnicas aplicadas al efluente con la finalidad de reutilizar el agua.

En conjunto, tamiz y tornillo compactador, extraen hasta un 80% del líquido total del purín obteniendo subproductos con mejores propiedades para el manejo y transporte. El líquido puede desplazarse por tuberías sin el peligro que se obturen, dirigido hacia el reactor donde se formará estruvita y el sólido se dispondrá a la intemperie en una zona adecuada para su posible posterior compostaje (Vicari, 2012).

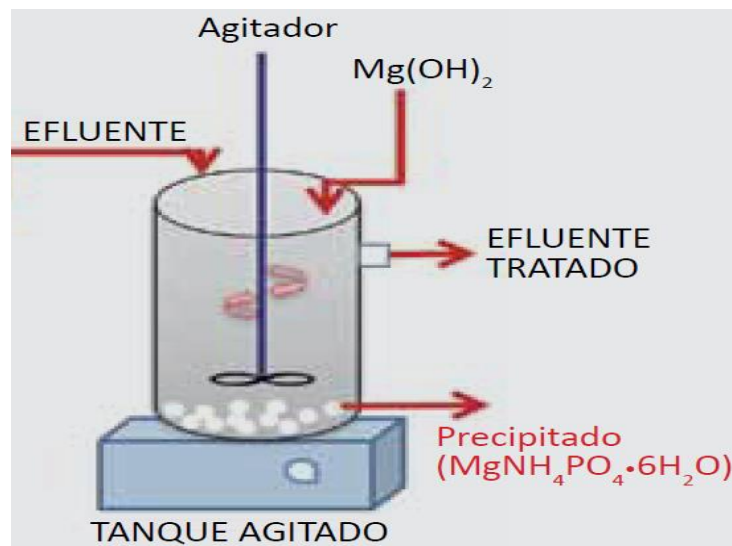
El líquido, usando cañerías existentes, es dirigido hacia el tanque de producción de estruvita. Nos encontramos en presencia de la necesidad de invertir en un tanque agitador.

Son varios los factores que influyen en la precipitación:

- La composición química del efluente (Hidalgo D., 2014).
- El pH. La reacción de la precipitación de la estruvita es favorecida a pH entre 7-11 (Hidalgo D., 2014).
- La relación molar Mg/N/P, pueden tener un gran efecto sobre la composición del producto obtenido. Un exceso de amonio contribuye a formar cristales de estruvita de mayor pureza (Hidalgo D., 2014).
- La relación óptima magnesio/fósforo es 1/3 (Hidalgo D., 2014)

- El tiempo de retención hidráulico (TRH). En muchos trabajos se demuestra que el proceso a tiempos de retención hidráulicos alrededor de 30 minutos ocurre la mayor eliminación del fósforo (Vidal G. et al, 2012).
- La velocidad de agitación óptima se encuentra dentro del rango 160 – 200 rpm Vidal G. et al,2012).
- El grado de sobresaturación. La precipitación de la estruvita ocurre cuando las concentraciones de magnesio, amonio y fosfato exceden el producto de solubilidad (Vidal G. et al, 2012).
- La temperatura. Si bien da una información contradictoria, la máxima solubilidad de estruvita tiene lugar entre los 20 y 30°C (Linuesa, 2015).

Motivo los puntos anteriores para definir las características del tanque de producción de estruvita (Figura 27), es necesario mencionar que debe tener como mínimo una capacidad de 1.250 litros, considerando 60.000 litros diarios de efluentes generados y un tiempo de retención de 30 minutos (60.000 litros/24 horas/día = 2.500 litros/hora) y la necesidad de un agitador que mantenga en movimiento constante el líquido a las rpm mencionadas (160 – 200 rpm). En el mercado nacional existen tolvas (descarga inferior) de polietileno de alta densidad con accesorio de agitación incluido, adecuado para la precipitación de estruvita.



Fuente:Vidal G. et al, 2012.

**Figura 26:** Representación de tanque con sistema de agitación y proceso de precipitado de estruvita.

Las demás características se encuentran dentro de los rangos óptimos a la salida de los digestores (pH > 7; temperatura de 35°C, si bien se pierde temperatura durante el tratamiento físico no llega al tanque de precipitación con menos de 20°C, la cantidad de amonio es suficientemente excesiva como para generar cristales de calidad y teniendo presente la concentración de fósforo, al agregarle la cantidad de magnesio descripta anteriormente dicha relación (Mg/P) sería prácticamente óptima (50.396,21gr de magnesio - 118.800gr de fósforo).



Fuente: Hidalgo D., 2014.

**Figura 27:** Vista exterior del tanque de precipitado de estruvita.

Instalado el tanque, a él ingresa la parte líquida del purín separada por el tamiz estático y el tornillo compactador y previamente tratada por los digestores anaeróbicos. Circularan de manera constante 2.500 litros/hora, 1.250 litros cada 30 minutos a los que hay que agregarle 1,045 kg de óxido de magnesio - 50,396 kg de magnesio/día, considerando 24horas/día = 2,09 kg de magnesio/hora - lo que equivale a 1.511,8 kg de óxido de magnesio por mes, para producir 171,74 kg de estruvita por día (7,15 kg de estruvita/hora). De esta forma se producen 5.152,2 kg de estruvita por mes, totalizando 61.826.4kg anuales. Este fertilizante (Figura 29), químicamente fosfato amónico magnésico, llega normalmente a concentraciones de 5-28-0 (10 MgO), es decir con 5% de nitrógeno, una cantidad elevada de fósforo del 28% y un 10% de magnesio. La solubilidad en agua no es elevada por lo que se configura como un fertilizante de liberación lenta que va suministrando los nutrientes gradualmente a los cultivos. Tiene un bajo índice de salinidad y un reducido contenido en metales pesados, lo que lo hace muy adecuado para sustituir a otras fuentes fosfatadas (Redondo, 2015).



Fuente:Linuesa, 2015.

**Figura 28:** Precipitado final de estruvita, obtenido a partir del componente líquido del efluente.

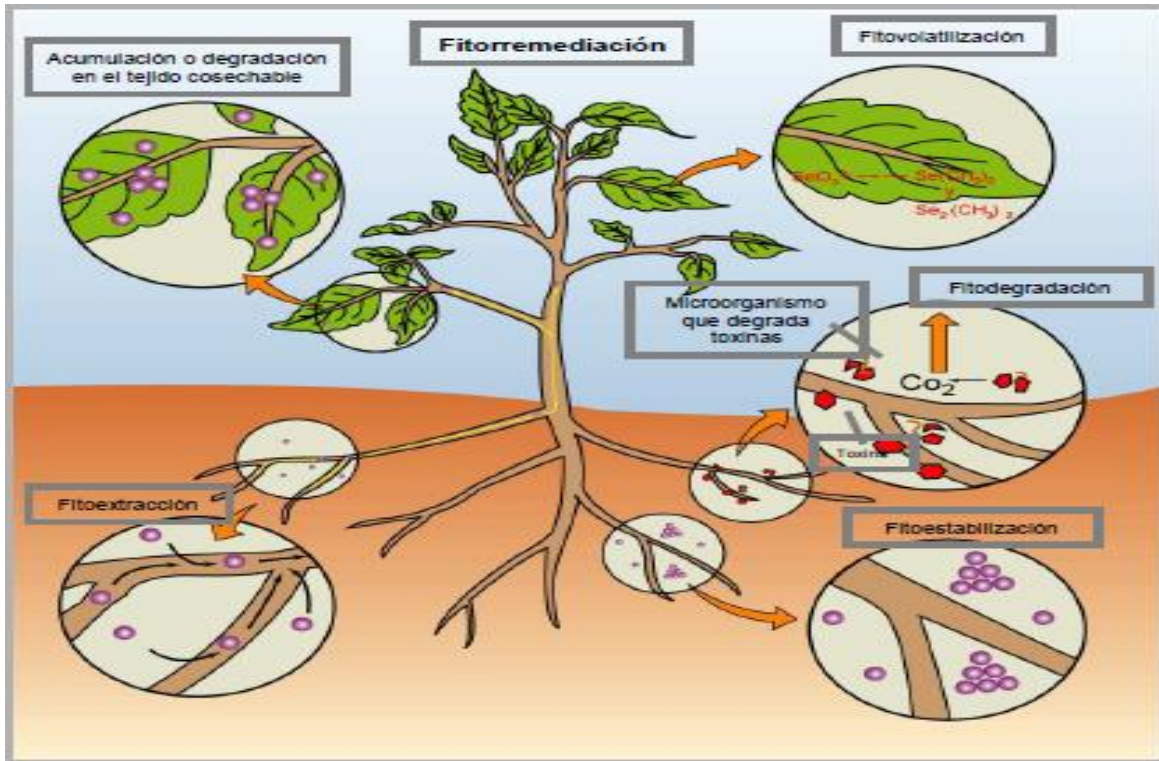
El agua que atraviesa el tanque agitador, una vez que ha participado en la precipitación de estruvita, sigue su curso normal hacia las piletas que corresponden al segundo tratamiento biológico. Fuerza hidráulica, como las cañerías por donde circula el agua se encuentran presentes en el establecimiento, no formando parte de los costos.

Aplicando la alternativa desarrollada, acoplada al actual tratamiento del efluente logramos entonces; por medio de los tratamientos biológicos anaeróbicos eliminar aproximadamente un 70% la carga orgánica, a través del tratamiento físico empleado se pudo separar prácticamente en totalidad la parte líquida de la parte sólida del efluente, manteniendo esta última sólo un 20% de humedad. Mediante la precipitación de estruvita se recupera de manera química más del 99% del fósforo y más del 7% de nitrógeno de la parte líquida del efluente la cual, posteriormente en las piletas aeróbicas, tratamiento biológico secundario, en conjunto con la técnica de fitorremediación, se eliminará aproximadamente entre el 60 – 90% del nitrógenoremanente.

La misma se define como conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados y compuestos orgánicos por medio de la utilización de plantas. Empleo de vegetación para el tratamiento in situ de suelos, sedimentos y aguas contaminadas (Mentaberry, 2011).

Las especies vegetales utilizadas son empleadas como bombas extractoras de bajo costo las que en conjunto con organismos rizosféricos son capaces de descontaminar grandes superficies (Mentaberry, 2011).

En la fitorremediación se identifican varios tipos de procesos que varían según las partes de la planta que participan o los microorganismos que contribuyen con la degradación de los contaminantes:



Fuente: Mentaberry, 2011.

**Figura 29:** Procesos de fitorremediación en las distintas partes de la planta.

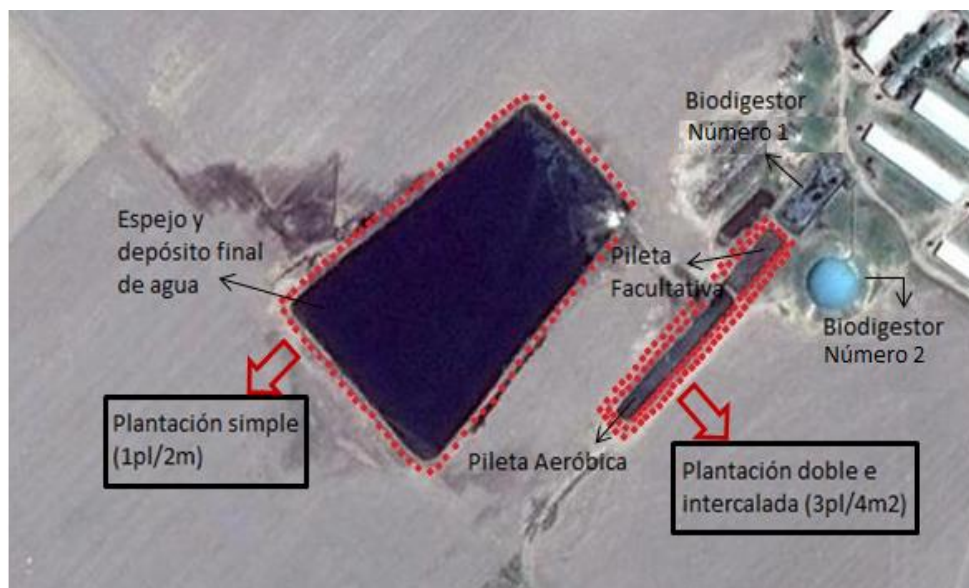
Especies leñosas y herbáceas comúnmente encontradas en la zona donde se ubica el establecimiento, comportándose muchas de las últimas como malezas agropecuarias, son utilizadas para realizar dichos procesos. Entre ellas podemos mencionar:

Especies leñosas de la Familia Salicácea, Géneros *Salix*; sauces y *Populus*; álamos (Quiñones A., 2014).

Especies herbáceas de las Familias Bracícácea (nabo, mostacilla, etc.), Asterácea (diente de león, girasolillo, etc.), Urticácea (ortiga, ortiga mansa, etc.), entre otras (Mentaberry, 2011).

#### Desarrollo experimental:

Las primeras especies leñosas nombradas deberán ser plantadas sobre el perímetro de las piletas facultativa y aeróbica, a una distancia de 2m entre plantas intercalada a una segunda fila ubicada a 2m (marco de plantación conformado por tres plantas cada 4 metros cuadrados) liberando el área restante a la libre proliferación de las especies herbáceas mencionadas. En el depósito final de agua (espejo) sólo una fila alrededor de la misma manteniendo las distancias (2m entre plantas) es suficiente (Figura 31). Cabe destacar la accesibilidad comercial a adquirir especies del Género *Populus* (álamos) y su precio, como destacar la proliferación de las especies herbáceas (malezas) de manera natural ya que están adaptadas a crecer en zonas con características contaminantes.



**Figura 30:** Plantación de álamos para el proceso de fitorremediación.

Considerando perímetros equivalentes a 140m la pileta facultativa [(10m x 2) +(60m x 2)] y 200 metros la pileta aeróbica [(10m x 2) +(90m x 2)] y un marco de plantación de 3 plantas cada 4m<sup>2</sup> (3 plantas cada dos metros lineales) totaliza una cantidad de 510 plantas para cubrir el perímetro (considerar espacio entre piletas facultativa y aeróbica no plantado, por no disponer espacio adecuado, equivalente a 10m). Herbáceas proliferarán de manera natural. Respecto al espejo de agua, el cual tiene un perímetro aproximado de 14.500m y establecida una plantación de única fila y 1 planta cada 2m, son necesarias 7.250 plantas. El proceso de fitorremediación demanda entonces 7.760 plantas del Género *Populus* (álamos).

**Tabla5:**Valores obtenidos en agua posterior al proceso de fitorremediación.

Análisis	Unidades	Valor
Acidez	mg/l	16
Alcalinidad	mg/l	128
<u>Nitrógeno total</u>	mg/l	<u>392</u>
Sulfatos	mg/l	619,81
Fosforo	mg/l	116,2
Zinc (Zn)	mg/l	3.257
Fe (Hierro)	mg/l	2.776
Cu (cobre)	mg/l	0.475
Mn (manganeso)	mg/l	0.412
K (potasio)	mg/l	11.850
Na (sodio)	mg/l	6.423

Fuente: MartínezS. et al, 2010.

Como se pudo observar en la Tabla 5 el proceso desarrollado disminuye de manera significativa los elementos considerados fuente de contaminación debido a sus concentraciones, principalmente el nitrógeno del efluente el cuál se encontraba en mayor cantidad.

El conjunto de los tratamientos citados, eliminarán más del 99% de patógenos, como más del 95% tanto de DQO5 como DBO de la parte líquida del efluente (Tablas 6 – 7 - 8).

**Tabla 6:** Balance de principales componentes del efluente post tratamientos anaeróbicos y físico.

	BIODIGESORES		Porcentaje de Remoción	TAMIZ/TORNILLO COMPACTADOR	
	Entrada	Salida		Entrada	Salida
<b>PRINCIPALES COMPONENTES</b>	DBO (en promedio): 20.000 mg/l	13.000 mg/litro	> 30 %	De los 60.000 litros diarios de efluente generados, 6.000 kg representan la parte orgánica (10%). En promedio el 70% es digerido en los reactores por lo tanto 1.800 kg/día pasan através del sistema de tratamiento físico (1.800 kg en 60.000 l)	En conjunto tienen la capacidad de extraer un 80 % de la totalidad del agua que conforma el efluente, el restante 20% corresponde a la humedad encontrada en la parte sólida del mismo.
	DQO (en promedio): 45.000 mg/l	12.000 mg/litro	> 70 %		
	Nitrógeno Total: 8.000 mg/l	2.400 mg/litro 5.600 mg/litro 560 mg/litro	30 % N - Orgánico 70 % N - NH4 10 % N - Biomasa		
	Fósforo Total: 3.000 mg/l	990 mg/litro 2.010 mg/litro 30 mg/litro	33 % P - Orgánico 66 % - PO4 1 % - Biomasa		
<b>PATOGENOS</b>	Aerobios mesófilos viables: 8.2090 ge/l	3.8179 gérmenes/litro	> 45 %	Independientemente de la cantida de patógenos en la parte sólida o líquida del efluente, lo que se tendrá en cuenta es el porcentaje de remoción de los mismo en tratamientos posteriores a cada una de las partes que conforman el efluente.	
	Anaerobios: 4.4308 ge/l	5.8742 gérmenes/litro	"El aumento se debe a m.o desarrollados en los biodigestores."		
	Coliformes fecales: 7.866 ge/l	4.529 gérmenes/litro	> 55 %		
	Huevos de helmintos: 0,162 hu/l	0,024 huevos/litro	> 90 %		

Parte líquida a piletas para tratamiento aeróbico y fitorremediación.
   
 Tamiz/tornillo compactador
   
 Parte sólida utilizada nuevamente como abono orgánico (baja concentración mineral).



**Tabla 7:** Balance de principales componentes de la parte líquida del efluente, post tratamiento químico y aeróbico.

PARTE LÍQUIDA DEL EFLUENTE	PRECIPITACIÓN DE ESTRUVITA		Porcentaje de Remoción	PILETAS FACULTATIVA/AEROBICA + FITORREMEDIACIÓN		Porcentaje de Remoción
	Entrada	Salida		Entrada	Salida	
	NITRÓGENO	N-amoniaco (NH <sub>4</sub> ) 5.040 mg/l	4.664,00 mgNH <sub>4</sub> /l Condicionada por la concentración de Fósforo.	> 7 %	Alrededor de 4.664,00 mg/l de Nitrógeno en forma de N-amoniaco (NH <sub>4</sub> ).	Por medio del proceso Nitrificación/Desnitrificación se llega a niveles de Nitrógeno de aproximadamente: 1.300,00 mgNH <sub>4</sub> /l.
FÓSFORO	Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) 1.980 mg/l	Menos del 1% de Fosfatos en el agua.	> 99 %	No considerado, ya que no presenta concentraciones relevantes	A través del proceso de Fitorremediación el agua finaliza con una concentración de menos de 200,00 mgNH <sub>4</sub> /l.	

**Tabla 8:** Balance de patógenos, parte líquida del efluente post tratamiento aeróbico.

PATOGENOS	PILETAS FACULTATIVA/AEROBICA + FITORREMEDIACIÓN		Porcentaje de Remoción
	Entradas	Salidas	
	Aerobios mesófilos: 3.817 ge/litro	180 gérmenes/litro	> 95 %
	Gérmenes anaerobios: 5.874 ge/litro	115 gérmenes/litro	> 98 %
	Coliformes fecales: 4.529 ge/litro	40 gérmenes/litro	> 99 %
	0,024 hu/litro	0,0001 hu/litro	> 99 %

Valores calculados (Tablas 6 – 7 – 8) demuestran la disminución de las concentraciones de DBO y DQO, nitrógeno (N), fósforo (F) y patógenos, como los más importantes, lograda a través de las técnicas de precipitación de estruvita y fitorremediación. De esta forma se posibilita la reutilización del componente sólido como abono orgánico y la del agua para la limpieza de instalaciones. Para llevar adelante esta última instancia son necesarias inversiones menos significativas tales como; un filtro de malla metalizada previo a la bomba, la bomba propiamente. Esta última con capacidad mínima de 2,5 m<sup>3</sup>/hora y 400 metros aproximadamente de cañerías que permitan el movimiento del agua desde el espejo de agua, pileta de acumulación, hasta la zona central del establecimiento para su posterior utilización.

Las alternativas planteadas permiten una producción de carne de cerdo sostenible y amigable con el medio ambiente, permitiendo lograr certificaciones que se correspondan, por ejemplo, con la Norma ISO 14.001; Norma Internacional de Gestión Ambiental, ya que se ha logrado la reducción de residuos como su aprovechamiento y la generación de energía. Si bien esta norma abarca varios aspectos y no solo la gestión medioambiental y la producción sostenible, es esta última es un punto clave y, quizás el más importante. Los beneficios de obtener dicha certificación:

- Mayor confianza de las partes interesadas en el producto cárnico.
- Mayor satisfacción de las partes interesadas (consumidores, industrializadores, etc).
- Muestra que los impactos ambientales son prioritarios.
- Acceso a nuevos clientes y/o mercados, tanto internos como externos.
- Asegura continuamente un desarrollo sostenible.
- Demuestra que la organización es ética y creíble. Confianza.
- Reconocimiento internacional, ventaja competitiva por obtener un producto cárnico distinguido.
- Ayuda a establecer asociaciones duraderas con clientes y proveedores en nacionales e internacionales. Posibilita expansión del negocio en el extranjero.
- Menor probabilidad de multas y enjuiciamientos.
- Reducir los costos y el impacto ambiental identificando oportunidades para reutilizar y reciclar materiales (BSI, 2015).

Otra certificación factible de conseguir es la Norma ISO 14.046; Huella Hídrica, es un modo de evaluar los posibles impactos medioambientales relacionados con el uso y gestión del agua, elemento clave para cualquier organización en vista de la creciente demanda de recursos y de una escasez de agua cada vez mayor. La Norma ISO 14.046 ofrece la posibilidad de evaluar la huella hídrica en forma de un estudio individual en el que solo se tenga en cuenta el impacto relacionado con el agua (BSI, 2015).

Por medio de las acciones planificadas y con la obtención de certificaciones nombradas se conseguirá producir carne de cerdo diferenciada y destacada. Si bien no hay o es difícil de determinar la incidencia directa de las certificaciones en el precio de la carne de cerdo, estas permiten la entrada a otros mercados, posicionan al producto de manera más competitiva en el ámbito internacional y, acompañado por la creciente demanda de alimentos con estas características, posiblemente se lograrían mejores precios por simple relación oferta/demanda (se produce lo que se demanda). Cabe destacar que Certificaciones de este tipo son exigidas en determinados países para permitir su ingreso y en el mercado nacional, con una estrategia de marketing adecuada servirán para lograr mejores precios.

## Análisis de Negocio

Por medio del cálculo de la V.A.N (Valor Actualizado Neto) se actualizan beneficios, diferencia entre ingresos y egresos, estimados a futuro y se los compara con la inversión inicial. Los beneficios son actualizados por una tasa del 10% y la vida útil considerada para el sistema es de 10 años.

La inversión inicial (Tabla 9) está determinada por los costos en equipos, mano de obra y materiales utilizados para llevar adelante el proyecto, gastos referidos a la plantación de álamos con su respectiva mano de obra y el costo de la certificación ISO 14.001.

Los ingresos están conformados por el costo evitado por la reutilización de agua para el lavado de instalaciones y el descuento sobre la tasa anual más la venta del fertilizante producido, los egresos por los costos de producción del mismo, que básicamente se definen por la cantidad de óxido de magnesio (MgO) utilizado (Tabla 10).

**Tabla 9:**Elementos que definen la inversión inicial de la alternativa propuesta.

Tamiz estático, caudal de 2,5 m3/hora.	\$ 70.000,00
Tornillo compactador, caudal de 2,5 m3/hora.	\$ 200.000,00
Tanque tolva, capacidad 3 m3, con agitador.	\$ 160.000,00
Bomba centrífuga 1HP, caudal max. 8,4 m3/hora.	\$ 3.600,00
Envase Big Bag por 25 unidades.	\$ 4.500,00
Filtro.	\$ 2.400,00
Cañerías por 400 metros.	\$ 26.000,00
7.250 Plantas del Género <i>Papulus</i> (Álamos).	\$ 217.500,00
Mano de Obra	\$ 107.500,00
Certificación ISO 14.001.	\$ 350.000,00
<b>Inversión Inicial \$ 1.141.500,00</b>	

**Tabla 10:**Componentes de los costos e ingresos.

Costos	Ingresos
Requerimiento mensual MgO 1.511,8 kg (1,5 ton) \$ 8.925,00 / mes	Producción de Estruvita 5.152,00 kg (5,1 ton) \$ 43.350,00 / mes
Costo anual en MgO \$ 107.100,00	Ingreso anual por Estruvita \$ 520.200,00
Mano de obra \$ 210.000,00	Ahorro anual por reutilización de agua \$ 5.227,20
-----	Reducción anual (ahorro) del cannon - 15% 1° año = \$ 4.360,50 - 25% 2° año = \$ 7.267,00 - 40% 3° año = \$ 11.628,00 - 50% a partir del 4° = \$14.535,00

La tasa anual a pagar considerando volumen y características del fluente vertido se calcula a partir de la fórmula  $T = (T_m \times C \times Q \times A)$  y define un gasto anual de **\$ 29.070,00**(Anexo 2).

Además, los 55.000 litros de agua utilizados diariamente para el lavado de instalaciones representan una suma anual de **\$ 5.227,20** ya que se debe abonar \$ 26,40 por cada 100 m<sup>3</sup> extraídos. El costo de certificación de, por ejemplo, la Norma ISO 14.001 si bien es variable según la empresa que lo realice, la posibilidad de crédito como la posibilidad de acceder a subsidios, ronda los **\$ 350.000,00**. Incluye guías y gestiones bases de especificaciones/requisitos para acreditarla, inspecciones, evaluaciones, auditorías en la gestión de protección al medio ambiente, eco-estampado/etiquetas/sellos y normalización de productos entre sus guías.

**Tabla 11:** Cálculo V.A.N, considerando la inversión inicial y las diferencias actualizadas entre ingresos y egresos.

Año	Inversión Inicial	Beneficio	Coficiente (T=10%)	Beneficio Actualizado
0	<b>\$ 1.141.500,00</b>			
1		\$ 212.687,70	0,90909	\$ 193.352,26
2		\$ 215.594,20	0,82645	\$ 178.177,83
3		\$ 219.955,20	0,75131	\$ 165.254,54
4		\$ 222.862,20	0,68301	\$ 152.217,11
5		\$ 222.862,20	0,62092	\$ 138.379,60
6		\$ 222.862,20	0,56447	\$ 125.799,03
7		\$ 222.862,20	0,51316	\$ 114.363,97
8		\$ 222.862,20	0,46651	\$ 103.967,44
9		\$ 222.862,20	0,42410	\$ 94.515,86
10		\$ 222.862,20	0,38554	\$ 85.922,29
				Total
				<b>\$ 1.351.949,93</b>

**V.A.N = \$ 210.449,93**

Por lo que se puede observar la V.A.N arroja un valor positivo, resultado que determina conveniente la inversión ya que no sólo cubre la inversión inicial si no que genera beneficios a futuro. No es menos importante destacar que la inversión se recupera dentro del octavo año de concluido el proyecto (Inversión Inicial = \$ 1.141.500,00 < Beneficio Actualizado acumulado primer, segundo, tercer y cuarto año = \$ 1.171.511,78). Si bien la estruvita es un subproducto respecto a la finalidad del proyecto, permite además de concluirlo y reutilizar el agua, darle valor económico a lo que se consideraba un desecho y aumentar la rentabilidad (Tabla 12).

**Tabla 12:** Cálculo de T.I.R, considerando tasa calculatoria del 15 %.

Tasa 10%	V.A.N \$ 210.449,93
Tasa 15%	V.A.N -\$39.260,39
Diferencia 5%	Sumatoria \$249.710,32
	\$249.710,32 _____ 5%
	\$210.449,93 _____ 4%
<b>T.I.R = 14 %</b>	

Concluyendo que ante la necesidad de variantes en el manejo de efluentes del establecimiento La Laica S.R.L, por estar limitada la utilización de éstos como abono orgánico y la demanda

internacional (en menor medida la nacional) de carne de cerdo obtenida bajo condiciones de sustentabilidad, se sugirió la transformación total del efluente, de un desecho a un recurso, lo que permite la reutilización del agua desde el mismo para limpieza de instalaciones. Esta propuesta responde a una necesidad inmediata del productor, la que no solo ayudaría a superar el inconveniente nombrado sino que además; permitiría comercializar un producto fertilizante como la estruvita generando mayores ingresos, la reutilización del agua para limpieza de instalaciones lo que define menores costos y la producción final de carne de cerdo diferenciada y certificada, por lo tanto de mayor valor, respondiendo a la demanda mundial. Fertilizante generado desde la parte líquida del efluente; estruvita, de tipo fosfato amónico magnésico no sólo sería muy demandado en el mercado nacional por tener características que se corresponden con la demanda, si no que existiría la posibilidad de exportarlo ya que la demanda internacional de fertilizantes con estas características y obtenidos desde desechos está en continua expansión. La reutilización del agua desde el efluente determina al productor un beneficio económico directo ya que reduce el monto final anual de impuestos que representan la extracción y utilización de agua. Es importante mencionar que si bien la parte sólida del efluente presenta ahora contenidos muy bajos de fósforo y otros elementos por lo que se puede continuar utilizándolo como abono orgánico, no debe descartarse la posibilidad de compostarlo en un futuro para así lograr un fertilizante orgánico más estable generando la posibilidad de comercializarlo o exportarlo a otros establecimientos del mismo dueño para utilizarlo como tal. Finalizando, si bien se debe seguir investigando, la tendencia a la intensificación de criaderos de cerdos y, por lo tanto, la generación continua de grandes volúmenes de efluentes determina que se deba planificar previamente un tratamiento adecuado de los mismos no sólo para evitar problemas legales sino también para producir de una manera responsable, ética y respetando el medio ambiente.

### Consideraciones finales:

- La precipitación de estruvita es una propuesta factible para transformar desechos en recursos además de conveniente, desde el punto de vista económico, ya que representa un subproducto comercializable.
- El manejo de efluentes propuesto disminuye de manera significativa los principales contaminantes del agua, permitiendo su reutilización para limpieza de instalaciones y, por lo tanto, la producción de carne de cerdo sustentable.
- La reutilización del agua para el lavado de instalaciones permite un ahorro considerable en tasas de servicios.
- Es posible lograr certificación y distinción del producto final aplicando las técnicas mencionadas ya que disminuyen de manera significativa el impacto ambiental de la producción de carne de cerdo.
- La carne de cerdo certificada genera una mejor imagen y una mayor confianza en el mercado nacional como en el internacional.
- El aumento en la demanda de productos certificados definiría un mayor valor de la carne producida en el establecimiento. Difícil de establecer, sujeto a la relación oferta/demanda.

## Bibliografía

- Arias S., Ferney M., Gómez G., Salazar J., Hernández M. (2010). Phytoremediation with artificial wetlands for the treatment of swine wastewater.
  
- Brunori J., Campagna D., Cottura G., Crespo D., Denegri D., Ducommun M., Faner C., Figueroa M., Franco R., Giovannini F., Goenaga P., Lomello V., Lloveras M., Millares P., Odetto S., Panichelli D., Pietrantonio J., Rodríguez M., Suárez R., Spiner R., Zielinsky G., Beyli M. (2011). INTA. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar.
  
- Brunori, J., & Juárez, E. (2011). Producción de cerdos en Argentina: situación, oportunidades, desafíos. INTA Marcos Juárez.
  
- BSI. BSI group (2015). Requisitos clave de la norma ISO 14.001.
  
- Buryaile R., Negri R., Troncoso R., Papotto D., Lamelas K., Millares P. (2016). Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. Buenas Prácticas de manejo y utilización de efluentes porcinos.
  
- CIAFA. Cámara de Industria de Fertilizante y Agroquímicos. (2013). Fertilizantes en Argentina: análisis de consumo.
  
- Comisión Europea (2013). Consejo, a. c. e. y. s., & de, e. y. a. c. comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.
  
- Cossavella A. (2015). INTA. 1° jornada provincial de gestión de residuos pecuarios. Reglamentación de estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial.
  
- Cruz, E., Martínez, V., Naranjo, R., Sosa, R., Postal, G., & Brava, P. (2004). Evaluación microbiológica del efluente anaerobio de un biodigestor de cúpula fija. Revista computadorizada de producción porcina, 11(2), 89-95.
  
- Del olmo, I., & De moreda, F. (2008). Minimización del impacto ambiental y aprovechamiento energético de una explotación porcina de 3.000 madres.
  
- Escalante, V. (2000). I-170-tratamiento de efluentes porcícolas en lagunas de estabilización. In xxvii congreso interamericano de ingenhariasanitaria e ambiental-aidis. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.
  
- FADA. Fundación Agropecuaria para el desarrollo de la Argentina (2015). Sitio de producción animal. Carnes Argentinas.

- Gallo, B. (2016). Dimensionamiento de instalaciones para el tratamiento de purines de una empresa porcina en confinamiento.
- Garzón A., Zunga M., &Buelna G. (2014). Pig farm effluents characterization and treatment in different full scale processes in Mexico. Revista internacional de contaminación ambiental.
- González, V., & Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad española de agricultura ecológica, Madrid.
- Hidalgo D. (2014). Futurenviro. CARTIF Centro Tecnológico. Gestión y tratamientos de residuos.
- Irañeta, I., Abaigar, A., & Santos, A. (2002). Purín de porcino ¿fertilizante o contaminante? Navarra agraria, 132, 9-24.
- Linuesa A. (2015). Trabajo fin de máster. Tratamientos de agua. Estudio de las alternativas para la eliminación de fósforo.
- Martínez S., BentancurF., Gómez G.,Giraldo J. P., Hernández M. L. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas.
- Mentaberry A. (2011). Fitorremediación. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular.
- Panichelli D. (2013). INTA. Conceptos básicos para definir estrategias del manejo de efluente porcino.
- Papotto D., Lamelas K., Millares P., Conti C. (2014). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Área porcina. Anuario Porcino.
- Parera J. (2014). INTA. Servei de sòls i gestiómediambiental de la producció agrària-departament d'agricultura, ramaderia, pesca, alimentació i medi natural. Utilización de los residuos pecuarios como fertilizante.
- Prat-gay A., Lacoste P., O'connor E., Szpak C., Lucci W., Busellini L. (2016). Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, Presidencia de la Nación. Informes de cadenas de valor.
- Quiñones A. (2014). INTA Balcarce. Perspectivas para la implementación deforestaciones de sauces y álamos en la Pampa Deprimida.
- Redondo L. (2015). Análisis y caracterización de purines para la obtención de estruvita y biogás.

-Romero Güiza S. M. (2016). Nutrient recovery and improvement of anaerobic digestion process by low grade magnesium oxide application.

-SENASA (2012). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Bioseguridad en explotaciones porcinas.

-SENASA (2014). Unidad presidencia, coordinación general de desarrollo y planificación estratégica. Informe estadístico de producción porcina.

-UGR.BC. Unión Ganadera Regional de Baja California (2009). Estudio de mercado y sistema de comercialización para la exportación de carne a EUA, Europa y Asia de la planta.

-Vicari, M. (2012). Efluentes en producción porcina en argentina: generación, impacto ambiental y posibles tratamientos. Trabajo final de ingeniería en producción agropecuaria, 38-40.

-Vidal G., Pozo G., &Arumi J. L. (2012). Aportes a la gestión y optimización de la tecnología ambiental del sector porcino. Universidad de concepción.



## Anexos

### Check-list (Anexo 1).

<b>Establecimiento La Laica S.R.L</b>			
Localidad Hernando. Provincia de Córdoba			
Contacto: 3535638587			
Mail: lalaica@outlook.com			
<b>CHECK LIST</b>			
<b>Registros e identificación.</b>			
Lleva registros básicos (servicios, destetes, altas y bajas de reproductores existencias y movimientos de animales, costos, etc.).	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> primero se registra en papel para luego ser cargado en un sistema software.
Identificación individual y/o masiva del producto. Trazabilidad.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> animales indicados con el estable. Origen y numero de camada.
<b>Ubicación, perímetro y áreas externas.</b>			
Establecimiento ubicado en zona aislada, a no menos de 3km de otro semejante y 5km del ejido urbano.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> se ubica a 15 km de Hernando, a su alrededor no hay otras unidades de producción porcina.
Cercado perimetral en buen estado.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Señalización que prohíba el ingreso a personas ajenas al establecimiento.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> en varias zonas a lo largo de todo el perímetro.
<b>Áreas internas. Instalaciones referidas a la producción.</b>			
Única entrada/salida al establecimiento.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> entrada/salida frontal y al camino principal.
Arco sanitario para la correcta desinfección de vehículos que ingresan / egresan.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Carteles indicativos de cada área / sector.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Deposito de alimentos, medicamentos, provisiones, etc. Superficie destinada (m2) adecuada.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> demasiado ventilado, posible ingreso de plagas (roedores, palomas).
Área de cuarentena, alejada y de superficie adecuada. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Corrales o pistas desarrollados con los materiales adecuados, resguardando la integridad física de los animales. Buen estado de los mismos. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Presencia de una zona limpia y otra sucia en los corrales. (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> al ser lavados diariamente se mantienen limpios los corrales.
Piso antideslizante. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> tipo slat, pero no de plastico. De material.
Cantidad de comederos adecuados. Considerando tipo de comedero y categoría de cerdos. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Numero de bebederos adecuados. Considerando tipo de bebedero y categoría de cerdo. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Agua disponible en cantidad y calidad. Análisis químico de esta. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> análisis al agua se hicieron solo una vez. Si bien no habria problema sería correcto realizarlo por lo menos de manera anual.
Reserva de agua equivalente a: la demanda diaria por tres días de suministro.	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i> presenta un tanque de reserva, no es exacta la cantidad.
Superficie de corrales pertenecientes a cerdas en gestación igual a 1,7 m2. (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Temperatura optima sugerida para cerda gestando; alrededor de 15 °C (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>
Superficie de corrales pertenecientes a maternidad / paridera igual a 5 m2 por animal (2 m x 2,5 m). (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> calefaccionadas con biogas producido en el establecimiento.
Temperatura optima sugerida para cerda amamantando; 15 - 18 °C (+)	<input checked="" type="radio"/> Si	No	<i>Observaciones:</i>

Sistema de defensa para el lechón.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> sistema tradicional conocido como jaula.
Temperatura optima sugerida para lechones recién nacidos y primeras semanas de vida; 27 - 32 °C a 18 - 20°C cercano al destete. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> calefaccionadas con biogas producido en el establecimiento.
Superficie de corrales pertenecientes a recría / engorde igual a 0,8 - 1 m2 por animal. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Temperatura optima sugerida para lechones en recría / engorde; 18 - 20 °C (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Numero de animales óptimos por corral en recría / engorde; 25 - 30. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> al ser de mayor superficie, mayor cantidad de animales.
Ventilación adecuada en la totalidad de los corrales. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Corrales equidistantes de corral de encierre, manga, embudo, cepo, cargador. (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> ya que los animales pasan a ser cargados a partir del ultimo corral. Por lo tanto este es el mas cercano a la manga - cargador.
Corral de encierre, manga, embudo, cepo, cargador; techados. (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> no presenta un corral de encierre. Del ultimo corral de engorde son direct. cargados. El cargador no esta techado.
Piso antideslizante en corral de encierre. (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> no presenta corral de encierre.
Superficie adecuada del mismo en función del numero de animales a cargar. (+)	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i>
Piso antideslizante en manga, cargador. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> si en el cargador. Varillas de madera transversales.
Ancho que permita libre y continua circulación de animales en fila sin la posibilidad de voltearse. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Pendiente del cargador no superior al 15 % (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> aproximadamente.
<b>Áreas internas. Instalaciones referidas al personal.</b>			
Baños: ubicación / acceso -sin contacto con producción- y condiciones adecuadas.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Provistos de duchas.	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> posee sanitarios pero no duchas.
Vestuarios: lugar suficiente y apropiado para el guardado de ropa personal y de trabajo, ausencia de alimentos.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Provisión de elementos necesarios para la higiene.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Comedor, áreas de descanso: espacio suficiente y en condiciones adecuadas.	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> vestuarios se usan para ello.
<b>Salud, seguridad y bienestar de los trabajadores.</b>			
Formación e información, conciencia sobre medidas higiénicas. (Consulta a trabajadores).	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> el personal tiene presente medidas higiénicas, conocimiento informal.
Capacitación y entrenamiento de las personas involucradas en la producción. Registros de ello.	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> no se capacitan, por lo que no se registra. Cada uno sabe como trabajar y cuidados a tener. Conocimiento adquiridos in situ.
Guía sobre normas básicas de higiene y procedimientos de limpieza y desinfección.	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> procedimientos de limpieza y son conocidos y llevados a cabo por empleados que llevan años trabajando.
Intervención de profesionales en el área.	Si	<input checked="" type="radio"/> No	<i>Observaciones:</i> el veterinario recomienda.
Vestimenta exclusiva para trabajos en el establecimiento y acorde a cada actividad.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i>
Limpieza, desinfección frecuente de la misma.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<i>Observaciones:</i> cada empleado presenta por lo menos un par de conjuntos acordes al trabajo.

<b>Aspectos Sanitarios.</b>			
Manejo sanitario acorde a la normativa vigente. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> intervencion de un veterinario temporario.
Registro de aplicación de productos veterinarios.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> en sistema software. Puede que primeramente de manera manual en papel.
Certificación de animales y/o semen que ingresa al establecimiento.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> de animales, el semen se extrae en el establecimiento.
Periodo de cuarentena no menor a 30 días para animales que ingresan. Observación y pruebas diagnosticas. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Implementación del sistema Todo Dentro - Todo Fuera.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Reposo sanitario no menor a 8 días.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> con suerte el reposo es de solo un par de días.
Veterinario permanente.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> si temporario. Sanidad según lo exigido por SENASA.
Lavado y desinfección de instalaciones con productos aprobados por SENASA. Frecuencia correcta. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Control de moscas, roedores y aves. (+)	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> de manera química principal.
Tratamiento adecuados a envases de productos veterinarios y químicos utilizados como a los materiales para su aplicación.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> son enbolsados y depositados en un basural cielo abierto que corresponde al de la localidad de Hernando.
<b>Bienestar Animal.</b>			
Cursos realizados sobre la materia.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> el productor tiene conocimiento.
Correcta aptitud y actitud del personal a cargo de los animales.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Ausencia de golpes, maltratos, gritos.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Cumplimiento de condiciones que determinan bienestar animal, las cuales fueron nombradas anteriormente (+).	<u>Observaciones:</u> se cumple en aproximadamente un 77%, 21 de 27 (+) indicaciones para determinar bienestar animal. Cierta resistencia del productor a lo que este modelo expone.		
<b>Manejo Medioambiental.</b>			
Tratamiento de efluentes "base" exigido por la Secretaria de Recursos Hídricos.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> requeridos para conseguir la autorizacion de vertido.
Disposición/uso del efluente tratado.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> la parte solida es usado como abono orgánicos en campo circundante.
Tratamientos biológicos.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> anaeróbico en biodigestor, facultativo y aeróbico en piletones.
Tratamientos químicos.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u>
Tratamientos físicos.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> por decantacion en el primer pileton aeróbico.
Tratamiento de la parte sólida del efluente. Utilización agropecuaria u otra.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> se usa directamente como abono orgánico.
Tratamiento a la parte líquida del efluente. Utilización agropecuaria u otra.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> se deposita en un gran espejo de agua el cual se mantiene por eq. precipitación/ evaporación.

Se han realizado análisis de características físicas, químicas y/o microbiológicas del efluente de manera trimestral?	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> se hicieron los análisis corresp. para conseguir la autorización de vertido. No volvieron a repetirlos.
Técnico (con título habilitante) encargado de controlar y monitorear el sistema de tratamiento de efluentes.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> no monitorea con la frecuencia con la que debería.
Se presentan informes periódicos respecto al sistema de tratamiento y resultados obtenidos a la Secretaría de Recursos Hídricos.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> sólo se presentó en una primera instancia para lograr autorización.
Declaración jurada semestral/anual de la cantidad de agua utilizada.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Representantes de la Secretaría de Recursos Hídricos monitorean y fiscalizan periódicamente el sistema de tratamiento empleado.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> si lo hicieron al momento de emitir la autorización de vertido.
El establecimiento cuenta con "Autorización de Vertido". Renovación anual de la misma.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>
Informe semestral de cantidad de agua utilizada.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u> a partir del corriente año la cant. de agua utilizada definirá el canon anual a pagar.
Se han realizado estudios de Impacto Ambiental.	Sí	<input checked="" type="radio"/> No	<u>Observaciones:</u> este año están realizando el primero.
El establecimiento cuenta con el Certificado Ambiental correspondiente.	<input checked="" type="radio"/> Sí	No	<u>Observaciones:</u>

-Cálculo; disminución anual del canon aplicado al efluente vertido en base a cantidad y características (Anexo 2).

Tasa anual a pagar considerando volumen y características del flujo vertido se calcula, determinada por el Decreto Provincial 415/99, de la siguiente manera:

$$T = (T_m \times C \times Q \times A)$$

La tasa mínima (T<sub>m</sub>) será la resultante de multiplicar la suma de pesos quinientos (\$500) por el coeficiente anual (CA).

$$T_m = (500 * CA)$$

El coeficiente anual (CA) será fijado anualmente por Resolución de la Secretaría de Recursos Hídricos o el organismo que en un futuro la reemplace. Su variación guardará relación con los índices de inflación según datos oficiales. Para el ejercicio 2017, se fija su valor en \$ 12,92.

La clasificación de las actividades según la naturaleza de los efluentes para asignar el coeficiente C, responde a la tipificación general realizada en el Artículo 5° de la Reglamentación de Estándares y Normas sobre vertidos para la preservación del Recurso Hídrico Provincial (Ley Provincial N° 8.973 adhiere a la Ley Nacional N° 24.051), correspondiéndole los siguientes valores:

Categoría	Coeficiente C
I	3
II	1,5
III	1

La clasificación del caudal de vertido para encuadrar a los establecimientos según el coeficiente Q, se realizará de acuerdo a la siguiente escala:

Descarga m3/día	Coefficiente Q
0,1 a 5	1
5,1 a 10	1,15
10,1 a 50	1,3
50,1 a 100	1,5
100,1 a 150	2
150,1 a 500	3
500,1 a 1.000	3,5
1.001 a 10.000	4
10.001 a 25.000	5
25.001 a 50.000	5,15
50.001 a 100.000	5,3
100.001 a 200.000	5,5
Más de 200.000	6

La clasificación para asignar a los establecimientos según el coeficiente A, está basada en el riesgo potencial de contaminación al recurso que conlleva la actividad desarrollada de acuerdo al estado en el que se encuentran las gestiones tendientes a obtener la Autorización de Vertido de efluentes (Decreto 415/99).

Establecimientos	Categoría Coeficiente A
Con Autorización	Todas 1
Sin Autorización	I 10
	II 5
	III 2

Considerando las características del efluente y el volumen generado:

$$T = (T_m * C * Q * A)$$

$$T_m = (500 * 12,92) = 6.460$$

$$C = 3 \text{ (Categoría I)}$$

$$Q = 1,5 \text{ (Descarga > 50,1 m}^3\text{/día)}$$

$$A = 1 \text{ (Con autorización para descarga)}$$

$$T = (6460 * 3 * 1,5 * 1) = \mathbf{\$ 29.070/año}$$

Con las alternativas desarrolladas se logra reducir esta tasa tal cual lo expone la ley teniendo que abonar año a año un monto menor, calculado de la siguiente manera:

-El primer año, descuento del 15% = **\$ 24.709,5**

-El segundo año consecutivo, descuento del 25%. = **\$ 21.802,5**

-El tercer año consecutivo, descuento del 40% = **\$ 17.442**

-Desde el cuarto año consecutivo descuento del 50% = **\$ 10.035**