



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria



Trabajo Final para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Planificación de **biodigestor** para producción de **biogás** y **biofertilizante** en establecimiento de **recría porcina**

Matías Ezequiel Rovere

Río Cuarto - 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Proyecto de Trabajo Final
Presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto de Inversión

**PLANIFICACION DE BIODIGESTOR PARA
PRODUCCION DE BIOGAS Y
BIOFERTILIZANTE EN ESTABLECIMIENTO
DE RECRÍA PORCINA**

Alumno: Rovere, Matías Ezequiel

DNI: 35.545.099

Director: Rodríguez, Claudia

Río Cuarto – Córdoba

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: PLANIFICACION DE
BIODIGESTOR PARA PRODUCCION DE BIOGAS Y
BIOFERTILIZANTE EN ESTABLECIMIENTO DE RECRÍA
PORCINA

Autor: Matías E. Rovere

DNI: 35.545.099

Director: M.V. Claudia Rodríguez

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. Raúl Créspi.....

Ing. Agr. Claudio Sarmiento.....

Fecha de Presentación:

____/____/____

.....

Secretario Académico

.....

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A mi País, que me ha brindado la posibilidad de estudiar libre y gratuitamente, y sobre todo, de formarme críticamente.

A la comunidad educativa de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, a todas las personas que cotidianamente se dedican a sostener y mejorar la educación pública, y en especial, a aquellos profesores admirables de cuyo ejemplo espero haber aprendido.

A quienes han contribuido a la realización de este trabajo, Claudia Rodríguez, todo el equipo que conforma la cátedra de Planeamiento Agropecuario, Adrián Gómez, Jeremías Martínez, y en especial a Jorge D. de Prada, quién sin tener algún compromiso con este trabajo ha dedicado su tiempo y paciencia al desarrollo y conducción del mismo.

A mi familia y a mi novia, Victoria, quiénes me han acompañado y aconsejado en cada instancia de avance de esta tesis.

A mis grandes amigos de universidad, con quienes compartí todos estos años de estudio.

Contenido

RESUMEN.....	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
HIPOTESIS	12
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
MARCO CONCEPTUAL.....	14
MATERIALES Y METODOS	19
RESULTADOS.....	21
Estudio de los Beneficiarios.....	21
RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA	21
SISTEMA DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION	23
RECURSOS FINANCIEROS	23
CARACTERIZACION DE LA SITUACION PROBLEMA.....	24
Estudio de Mercado	25
PRECIOS PARA BIOGAS	25
PRECIO RESIDUO DIGERIDO (Biofertilizante).....	26
Aspectos técnicos.....	28
LOCALIZACIÓN	28
TAMAÑO.....	29
INGENIERÍA	30
Evaluación Económica	39
CUANTIFICACION DE LA SITUACION CON Y SIN PROYECTO.	39
ANALISIS DE SENSIBILIDAD.	41
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	47
Videos relacionados	47

Índice de Figuras

Figura 1 : Biodigestor tipo Hindú.	14
Figura 2 : Biodigestor tipo Chino.....	15
Figura 3 : Biodigestor tipo Flujo Continuo.	15
Figura 4 : Ubicación del establecimiento porcino San Basilio, Córdoba.....	22
Figura 5 : Establecimiento porcino San Basilio, Córdoba.	22
Figura 6 : Evolución de precios constante de gasoil para Argentina.	26
Figura 7 : Evolución de precio constante de UREA para Argentina.....	27
Figura 8 : Evolución de precios constante de FDA para Argentina.	28
Figura 9 : Bosquejo del biodigestor. Corte transversal y longitudinal.	34

Índice de Tablas

Tabla 1 : Composición del Biogás.	16
Tabla 2 : Tendencia de precios constantes proyectados para gasoil, fertilizantes, biogás y biofertilizante.	28
Tabla 3 : Inventario de alternativas de biodigestores y sus dimensiones.	31
Tabla 4 : Producción, consumos y remanente/déficit para la alternativa 10 días.....	37
Tabla 5 : Producción, consumos y remanente/déficit para la alternativa 19 días.....	37
Tabla 6 : Producción, Consumos y remanente/déficit para la alternativa 35 días.....	37
Tabla 7 : Inversión del proyecto para cada alternativa.....	38
Tabla 8 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 10 días.	40
Tabla 9 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 19 días.	40
Tabla 10 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 35 días.	41
Tabla 11 : Análisis de riesgo incertidumbre.....	42

RESUMEN

En este estudio, se conceptualizó el riesgo de contaminación ambiental debido al escaso tratamiento de los efluentes del sistema en un establecimiento porcino de la localidad de San Basilio. Por lo tanto, surge la *hipótesis* de que la instalación de un biodigestor reduce los costos de producción a partir de la sustitución de energías no renovables y de fertilizantes inorgánicos mitigando de esta forma el daño ambiental, producto del reciclado de efluentes.

La instalación de un biodigestor en este establecimiento porcino, permitirá aprovechar los efluentes como recurso energético (calórico y/o eléctrico) y como biofertilizante, reducir el impacto socio-ambiental y obtener un beneficio económico. Por estas razones los *objetivos* que se plantean son realizar un estudio de beneficiario, efectuar un estudio de mercado, adecuar un análisis técnico y determinar la factibilidad del caso, por medio de una evaluación económica.

Se diseñaron tres alternativas técnicas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos en función del tiempo de retención. Se identificaron los volúmenes de productos aprovechables para cada alternativa propuesta para un establecimiento representativo. Debido a la inexistencia de precios para los productos generados por cada alternativa, en el estudio de mercado se identificaron y analizaron precios de mercados de productos sustitutos (gasoil, fertilizantes inorgánicos), que fueron proyectados a futuro y posteriormente utilizados en la evaluación económica.

Los *resultados* obtenidos para cada inversión alcanzan los \$3.173.744, \$4.461.619 y \$6.549.201 respectivamente para las alternativas 10,19 y 35 días. De acuerdo a los resultados obtenidos se *concluye* que la mejor solución económica fue la alternativa de 19 días el cual arrojó valores de VAN equivalente a \$4.676.575, siguiéndole la alternativa de 10 días con un VAN equivalente a \$4.484.864. Para el caso de la alternativa de 35 días, arrojó valores negativos a una tasa de oportunidad del 15%, pero con tasas menores se vuelve positivo.

SUMMARY

In this study, the risk of environmental contamination was conceptualized due to the scarce treatment of effluents from the system in a pig establishment in the town of San Basilio. Therefore, the *hypothesis* arises that the installation of a bioreactor reduces production costs by replacing non-renewable energies and the substitution of inorganic fertilizer as a result of the recycling of effluents, mitigating environmental damage.

The installation of a bioreactor in this pig farm, will make it possible to use the effluents as an energy resource (caloric and / or electrical) and as a biofertilizer, reduce the socio-environmental impact and obtain an economic benefit. For these reasons, the *objectives* are to carry out a beneficiary study, carry out a market study, adapt a technical analysis and determine the feasibility of the case, through an economic evaluation.

Three technical alternatives were designed for the treatment and use of waste as a function of retention time. The volumes of usable products were identified for each proposed alternative for a representative establishment. Due to the inexistence of prices for the products generated by each alternative, the market study identified and analyzed the prices of substitute product markets (diesel, inorganic fertilizers), which were projected in the future and later used in the economic evaluation.

The *results* obtained for each investment reach \$3.173.744, \$4.461.619 and \$ 6.549.201 respectively for alternatives 10,19 and 35 days. According to the results obtained, it is *concluded* that the best economic solution was the 19-day alternative, which yielded NPV values equivalent to \$4.676.575, followed by the 10-day alternative with a NPV equivalent to \$4.484.864. For the case of the 35-day alternative, I give negative values at an opportunity rate of 15%, but with lower rates it becomes positive.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global es uno de los más graves problemas ambientales de este siglo, sumado a que en este último período se ha registrado un incremento de alrededor de 1°C en temperatura media de la Tierra. Este problema ha sido causado por el aumento de emisión de gases de efecto invernadero que, a su vez, se relaciona con el aumento de las concentraciones atmosféricas de ciertos gases, más especialmente el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (EMBRAPA 2006). Resaltando el efecto del gas metano que es 23 veces más contaminante que el dióxido de carbono.

Según Vicari (2012) hasta la década del '90 los efluentes generados en producciones porcinas no constituían un factor preocupante ya que la naturaleza de las explotaciones a campo y la reducida concentración de animales permitían absorberlos o utilizarlos como abono orgánico sin que constituyeran un problema. Sin embargo, en veinte años, los avances tecnológicos han permitido aumentar el número de animales en menor superficie, incorporar alimentos de mayor calidad, obtener animales de mejor conversión a partir de mejoras genéticas, entre otras cosas, generando una alta producción de efluentes con un reducido espectro de tratamientos, que se vuelven un problema para la sociedad humana y el medioambiente además de representar un importante problema económico (Sosa, Gambudo, Luis, y Cencig 2015).

La alta producción de efluentes provenientes de sistemas intensivos en Argentina generalmente no tiene tratamiento y con raras excepciones algún aprovechamiento. La modalidad más común de manejo del efluente se basa en la utilización de una laguna de tipo anaeróbica impermeabilizada que muchas veces no está correctamente construida (Taverna *et al.*, 2004, PEC 2009).

Con respecto al consumo de energía, un dato interesante, extraído de la tesis final de grado de Papes (2011), que aporta la Administración de Información de Energía de Estados Unidos, en su proyección 2007 – 2035 para el mercado energético en EE.UU., es que el incremento en la demanda energética será parcialmente soportado por la oferta de energía fósil (petróleo y gas) por lo que cada vez cobrarán más importancia las fuentes alternativas de energía. En nuestro país, a través de la Ley Nacional 26.096 de biocombustibles a la que adhieren diez provincias, entre ellas Córdoba, promueve la producción de biogás (Chidiak y Stanley, 2009) considerando los efluentes porcinos como una excelente opción a estos fines.

Se debe considerar además la posibilidad de obtener en el proceso de biodigestión abono orgánico, que es un verdadero sustituto de los fertilizantes inorgánicos, cada vez más usados en

la agricultura, tales como la urea, el fosfato diamónico y el superfosfato triple, actualmente parcialmente importados ya que la oferta nacional no cubre la demanda, de acuerdo a FAO (2010) (Papes 2011).

Es importante considerar las presiones sociales por un ambiente sano y la condena, cada vez más reiterada, de actuaciones irresponsables lo que constituye una seria amenaza para los productores porcinos que no se adapten a los cambios y a las normativas vigentes, trayendo como consecuencia el cierre total de los sistemas. En este sentido, la Ley Provincial 9.306 “Regulación de los sistemas intensivos y concentrados de producción animal” pone de manifiesto la voluntad política del Estado de mitigar los daños ambientales causados por los tradicionales sistemas de producción animal. Por lo que exige la evaluación de impacto ambiental y la mitigación de los efectos ambientales no deseados, logrando obligaciones que los sistemas de manejo actual no cumplen, tales como, monitoreo de aguas, tratamiento de las excretas, entre otros. (Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba, 2010).

Por otra parte, según el Grupo intergubernamental sobre Cambio Climático (2008), hay un nivel de coincidencia alto y un nivel de evidencia medio de que el cambio de los modos de vida, de las pautas de comportamiento y de las prácticas de gestión podría contribuir a la mitigación del cambio climático en todos los sectores. De modo que en el contexto actual de toma de conciencia acerca de la degradación de los recursos ambientales y crisis energética, emerge la necesidad de repensar las relaciones entre las actividades productivas y el medio ambiente.

El tratamiento de los desechos porcinos resulta de gran importancia debido a la dimensión del problema que representa, no sólo por el aumento de los volúmenes producidos generados por una mayor intensificación de las producciones, sino también por la degradación de los recursos agua, suelo y aire, la proliferación de plagas sinantrópicas (moscas y roedores, entre otras) y la generación de olores indeseables producidos cuando no poseen un correcto tratamiento. Por este motivo, el manejo de las excretas es un aspecto fundamental en la sustentabilidad ambiental de los sistemas de producción animal intensivos (FAO - INTA. 2012).

Coincidimos con Papes (2011), quién propuso la instalación de un biodigestor para el tratamiento de los efluentes en un tambo, cuando sostiene que su uso no solo es una alternativa económicamente viable, que cumple con lo exigido por la legislación provincial y nacional, sino que tiene un impacto ambiental positivo, por lo que, las políticas de Estado deberían promover dichos emprendimientos: “Para alcanzar una producción lechera económicamente más eficiente y ambientalmente más amigable, las políticas deberían promover: la calibración local de la

tecnología de producción de biogás y la inclusión de los beneficios del aprovechamiento del efluente del tambo” (Papes, 2011).

De igual modo en su trabajo de tesis de grado, González Irusta (2011) sostiene que la construcción y funcionamiento del biodigestor tiene impactos positivos sobre el medio ambiente local, principalmente por la reducción en la emisión de gas metano y olores desagradables, la mejora de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo incrementando los rendimientos de los cultivos por acción de la aplicación de biofertilizante, y el reemplazo de energías no renovables por biogás.

HIPOTESIS

A los fines de la investigación, se parte de la **hipótesis** de que la instalación de un biodigestor en el establecimiento de un productor de cerdos en San Basilio permitirá aprovechar los efluentes reduciendo los costos de producción mediante la sustitución de energías no renovables, como el gas y la energía eléctrica (debido al uso de biogás), y del fertilizante inorgánico (por biofertilizante), logrando reducir el impacto socio-ambiental, disminuyendo las emisiones de gas metano y olores desagradables, y obtener un beneficio económico.

OBJETIVO GENERAL

El **objetivo general** del siguiente trabajo es planificar un modelo de tratamiento para el aprovechamiento de efluentes, adaptado a un establecimiento porcino intensivo ubicado en la zona de San Basilio, Córdoba, Argentina.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estudio de beneficiario para determinar la factibilidad de instalar un biodigestor.
- Efectuar un estudio de mercado a través de un análisis y determinación de precios para biogás y biofertilizante considerando una proyección a futuro.
- Adecuar una propuesta técnica para la instalación de una planta de biodigestión para el tratamiento de los efluentes producidos en el criadero porcino.
- Evaluar la viabilidad económica del proyecto.

MARCO CONCEPTUAL

Un **biodigestor** es un recipiente o tanque cerrado herméticamente, que puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. Este recipiente, se carga con residuos orgánicos. En su interior se produce la descomposición anaeróbica de la materia orgánica para generar biogás (el cual puede reemplazar al gas natural de garrafas o red pública) y el residuo, luego de ser descompuesto, se utiliza como biofertilizante. (UNCUYO, s/d). Dentro de los modelos más conocidos de biodigestores, según Gropelli y Giampaoli (2007) podemos reconocer a tres tipos: El tipo Hindú, que se caracteriza porque posee un domo móvil flotante hecho de metal que se desplaza de forma vertical guiado por un eje central, la cámara de digestión es de forma cilíndrica ubicada verticalmente, dividida al medio por una pared de la mitad de la altura para lograr formar dos sectores y que el material orgánico cumpla con su tiempo de residencia (Figura 1)

Otro tipo de biodigestor es el tipo Chino (Figura 2), con domo fijo hecho de ladrillos, se conforma solamente por una sola cámara, cilíndrica cerrada, por lo que se puede considerar que no posee gasómetro y su diseño determina que deban colocarse totalmente enterrados.

Por último cabe mencionar al tipo flujo continuo u horizontal, hecho de alguna estructura flexible como una membrana plástica o de caucho, el cual se recomienda cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores a 15m³ debido a su fácil construcción, tiene geometría alargada en donde la mezcla de materia orgánica y agua circula en forma de “flujo pistón”, como si fuese el flujo que se produce dentro del intestino del ser humano u otro mamífero, permitiendo así que todo el residuo cumpla con su tiempo de residencia necesario(Figura 3).

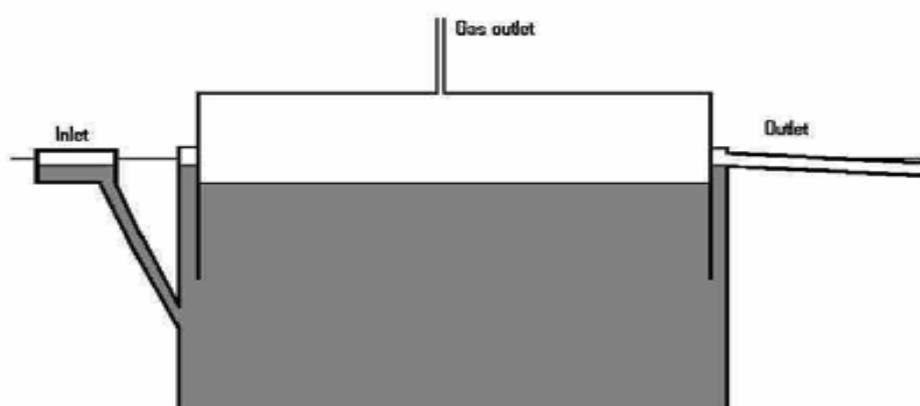


Figura 1 : Biodigestor tipo Hindú.

Fuente Paul Harris (2008).

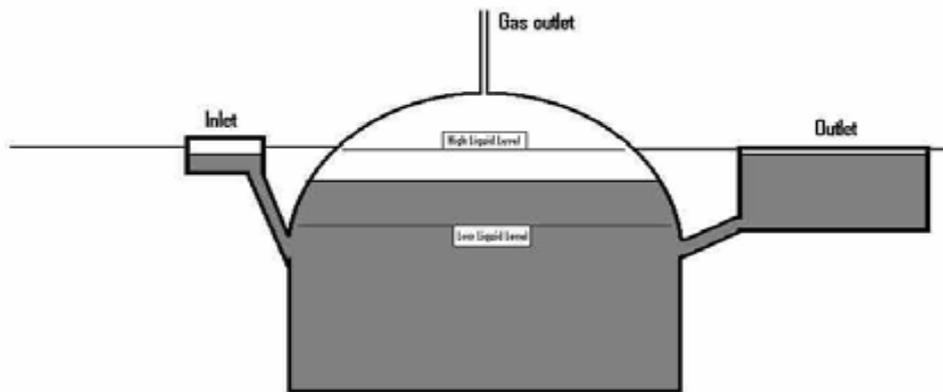


Figura 2 : Biodigestor tipo Chino.

Fuente Paul Harris (2008).

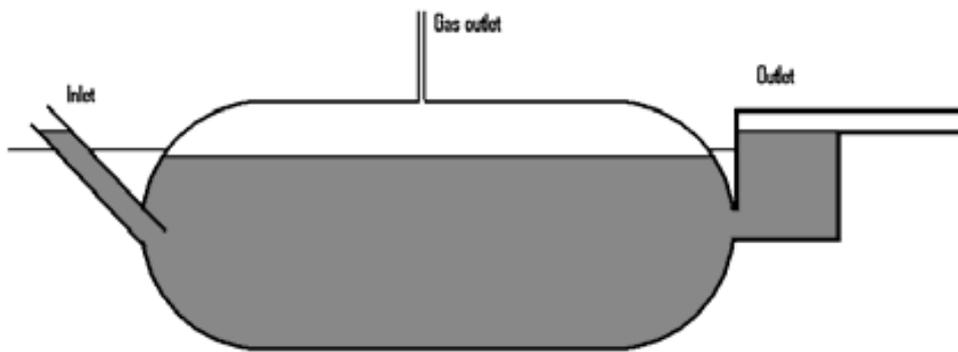


Figura 3 : Biodigestor tipo Flujo Continuo.

Fuente Paul Harris (2008).

En el biodigestor se produce una **digestión anaeróbica** que consiste en una fermentación en la que los residuos orgánicos son descompuestos en ausencia de oxígeno para producir biogás. Para que exista, deben desarrollarse bacterias anaeróbicas y sobre todo bacterias metanogénicas que lo producen. Estas bacterias se pueden encontrar en líquidos ruminales (contenido del estómago de vacas, ovejas, cabras, etc.), en guanos de cerdos y rumiantes, en lodos de tratamiento de efluentes y de otros biodigestores. Se debe cargar el biodigestor con estas bacterias para que se produzca este biocombustible (UNCUYO, s/d).

Producto de esta fermentación surge el **biogás**, una mezcla de gases, compuesta en su mayor parte por metano y dióxido de carbono en proporciones que varían según el residuo degradado. Este gas es obtenido en el proceso de digestión anaeróbica que libera la energía química contenida en la materia orgánica en forma de biogás. Se pueden adaptar cocinas, calefones, estufas, pantallas, generadores, etc., para que funcionen con el mismo (UNCUYO, s/d). Su poder calorífico puede variar entre los 5.000 y 5.500 Kcal.m⁻³ en función del contenido de metano. En la siguiente Tabla 1 se detalla la composición del mismo.

Tabla 1 : Composición del Biogás.

COMPONENTE	PORCENTAJE
Metano (CH ₄)	55-70%
Dioxido de Carbono (CO ₂)	27-45%
Anhidrido Sulfuroso (SH ₂)	Menor a 1%
Nitrogeno (N ₂)	0,5-3%
Hidrogeno (H ₂)	1-3%

Fuente Groppelli y Giampaoli (2007).

Otro producto de la digestión anaeróbica es el **biofertilizante**: el residuo digerido, biol o biofertilizante, según Groppelli y Giampaoli (2007), puede llegar a tener más importancia que el biogás como enmienda orgánica de suelos; ya que estabilizado no presenta olor, tiene características similares al humus, no existe la posibilidad de que pueda quemar semillas y no posee el problema de la Ley del Máximo, ya que la aplicación en cualquier cantidad, no elimina otros elementos. Los principales componentes minerales, o macronutrientes que contiene, son N, P y K, cuyos porcentajes varían entre el 2 - 7%; 1 - 2%; 0,8 - 1,2% respectivamente, sobre la base seca.

De acuerdo al objetivo planteado en este trabajo de investigación definiremos en que consiste un **proyecto de inversión**. Según Roura y Cepeda (1999) en González Irusta (2011) es todo conjunto metódicamente diseñado de actividades planificadas y relacionadas entre sí, que utilizan recursos para generar productos concretos, con los cuales apuntan a alcanzar objetivos definidos. Según González Irusta (2011) todo proyecto de inversión puede estar conformado por los siguientes pasos:

Estudio de los Beneficiarios: El estudio de los beneficiarios del proyecto consiste en evaluar el potencial productivo y potencial de cambio de los grupos objetivos, y el esfuerzo necesario para que el proyecto produzca los cambios deseados. Los beneficiarios de un proyecto son individuos o grupos de individuos que recibirán los beneficios directos del mismo, es decir, aquellos hacia quienes el proyecto se dirige (Roura y Cepeda, 1999). En relación a esto se pueden distinguir los beneficiarios indirectos como todos aquellos que se benefician con la decisión de realizar el proyecto pero sin correr riesgo alguno.

Estudio de Mercado: El estudio de mercado tiene por objetivo determinar y cuantificar la necesidad social de disponer de cierto bien o servicio, y definir la estructura de producción y comercialización para satisfacerla (Roura y Cepeda, 1999). Define claramente el producto o servicio (principal y secundario); el área y población de mercado; el comportamiento de la demanda, el comportamiento de la oferta, precios; y la comercialización, circuitos, márgenes, formas de acondicionamiento, forma de transporte y distribución.

Aspectos técnicos: el estudio técnico del proyecto tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación. Las conclusiones de este estudio deberán definir la función de producción que optimice el empleo de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto. Los componentes básicos del estudio técnico son la localización, el tamaño y la ingeniería (Roura y Cepeda, 1999 y Sapag Chain, y Sapag Chain, 2003).

Evaluación Económica y Financiera: Según Suárez et al. (2007) la evaluación económica de un proyecto tiene como objetivos: I) determinar su viabilidad económica, considerando el flujo real de los recursos valorados en función del costo de oportunidad; II) definir la viabilidad financiera, identificando y cuantificando las fuentes de financiamiento para definir la mejor combinación de recursos para el proyecto.

Existen parámetros a considerar en una evaluación económica. Estos son el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recupero.

El Valor Actualizado Neto (VAN) consiste en calcular el valor presente de las erogaciones e ingresos que se generen a lo largo de la duración de la inversión. Una inversión será conveniente si la suma de saldos actualizados netos o VAN es mayor que cero, es decir, cuando los ingresos del proyecto alcancen para cubrir las erogaciones y los costos de oportunidad. El VAN mide, en valor monetario actual, el beneficio atribuible a invertir en el proyecto, en lugar de hacerlo en la alternativa cuyo retorno es la tasa de descuento utilizada en el cálculo. El VAN da una idea de la ganancia generada por el proyecto, pero no es una "medida absoluta", ya que depende de la tasa de descuento que se utilice.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa la tasa de rentabilidad promedio anual del proyecto de inversión. Es decir, la tasa de ganancia promedio anual que se obtendría en una inversión que requiere egresos y aporta ingresos en el tiempo. Es la tasa calculatoria que hace que el valor actualizado neto de la inversión tome un valor nulo. Por supuesto, una inversión es conveniente cuando la tasa interna de retorno es superior a la tasa de interés calculatoria utilizada para el cálculo del VAN.

El Período de Recupero de una inversión es calculado contando el número de años que se demora hasta que los flujos efectivos acumulados igualen a la inversión inicial.

Organización y Dirección: La Organización del proyecto es la función que se refiere al establecimiento de una estructura intencional de roles para las personas que participan en la ejecución del mismo. Implica el diseño de las actividades que permitirán alcanzar los resultados necesarios para el logro de cada objetivo, el agrupamiento de actividades de índole similar en secciones o departamentos bajo dirección de un responsable, la definición del ámbito de responsabilidad y autoridad que corresponderá a esta figura, y el delineamiento de la instancia y actividades de coordinación, autoridad e información horizontal y vertical en la estructura diseñada.

Coordinación institucional: La formulación de proyectos complejos que asumen las situaciones problema de manera integral, llevan a definir planes de operación que difícilmente caen dentro de la esfera de acción de una sola institución, con lo cual, el carácter multidisciplinario del proyecto lleva a la necesidad o conveniencia de que en él participen varias instituciones.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): La evaluación de impacto ambiental de un proyecto consiste en evaluar las actividades de inversión y la gestión que el hombre hace del medio ambiente, con el propósito de prevenir, mitigar o eliminar cualquier daño potencial sobre el mismo. Entendiendo al “ambiente” como la integración el sistema físico, biológico, social y sus relaciones y al “impacto” como la alteración positiva y negativa de carácter significativo del ambiente por acción humana.

MATERIALES Y METODOS

Para responder a los objetivos propuestos por este proyecto de investigación, se aplicará el diseño *Proyecto de inversión*. Esta metodología de trabajo incluirá *estudio de los beneficiarios*, *estudio de mercado*, análisis de los *aspectos técnicos y evaluación económica*.

ESTUDIO DE LOS BENEFICIARIOS

Para este capítulo se realizó una entrevista con la persona que quiere solucionar la problemática que enfrenta y asumir el riesgo de la inversión. En esta entrevista se busca evaluar el potencial productivo y de cambio para que el proyecto obtenga resultados esperados. Las preguntas a responder son:

- ✓ ¿Quién es el beneficiario?
- ✓ ¿Qué criterios usa para tomar las decisiones?
- ✓ ¿Qué problema motiva el proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las alternativas para resolver el problema?
- ✓ ¿Cuál es la mejor alternativa (en función de los criterios)?
- ✓ ¿Cuántos recursos dispone y puede acceder para el proyecto?

ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo de este proyecto es definir la viabilidad comercial. En un estudio de mercado se definen los productos y subproductos que genera el proyecto y que insumos necesita. Además, se busca determinar a qué precio se compran los insumos y se vende la producción; que para el caso en estudio se realiza para valorar económicamente ya que no hay un mercado desarrollado en la actualidad para los productos y algunos insumos los genera el mismo proyecto. Por último, se define cuál es el canal más apropiado de comercialización para productos e insumos. El valor del precio de productos e insumos son los que se usan para la evaluación económica del proyecto.

Precios: Los precios fueron tomados de la serie de precio constante a Diciembre de 2017, para la serie 2003 – 2017 de AACREA (2018).

ASPECTOS TECNICOS

En este capítulo se busca analizar y seleccionar la mejor opción de diseño de biodigestor para construir físicamente el proyecto y se definen cuáles serán los niveles de producción (ingresos económicos), cuál será la demanda de insumos y las características de la tecnología de producción. Para ello se define el tamaño y el proceso de producción.

Dentro del proceso de producción se define la tecnología que se va a implementar. Para esto se utiliza un criterio cualitativo como: *requerimiento de mano de obra, madurez de la tecnología y flexibilidad.*

EVALUACION ECONOMICA

Los indicadores para evaluar la factibilidad económica del proyecto son: VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno) y período de recupero. La tasa de interés a la cual el VAN se hace cero se la denomina TIR. El período de recupero es el tiempo que tardará el proyecto en devolver la inversión inicial. El periodo de análisis es de 20 años y el costo de oportunidad de capital asignado es de 15%. El capital de trabajo se estima por el método del máximo déficit acumulado del flujo de caja (Sapag Chain, y Sapag Chain, 2003). La siguiente formula nos permite calcular el VAN (valor actual neto).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

Vt : representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 : es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n : es el número de periodos considerado

k : es la tasa de interés.

Además, se realiza un análisis de incertidumbre para la predicción de las variables a futuro y se estudia mediante el análisis de sensibilidad del VAN. Para ello se utilizan la variación de los parámetros más influyentes en el análisis económico.

RESULTADOS

Estudio de los Beneficiarios

El beneficiario directo del proyecto es Adrián Gómez, un productor de cerdos ubicado en la localidad de San Basilio, quién es la persona que toma las decisiones y la que asume el riesgo de inversión y obtendrá los beneficios económicos del mismo.

Se pueden distinguir como beneficiarios indirectos y quienes no asumen riesgos por la toma de decisiones a la familia del productor, al empleado permanente, las empresas que provee de los insumos necesarios para llevar a cabo la decisión y las que compran el producto. También se consideran como beneficiarios indirectos a los habitantes de la localidad y el medio ambiente por la mitigación de malos olores, emisiones de gases metano, dióxido de carbono, y por evitar la percolación de minerales que originan la contaminación de napas.

RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA

En cuanto a recursos naturales, en una recopilación de Hernán Papes (TFG 2011) “el área presenta un clima mesotermal, subhúmedo con estación invernal seca. La temperatura media del mes más frío (Julio) es de 8,5 °C, mientras que para el mes más cálido (Enero) es de 23,5 °C. La precipitación media anual es de 831 mm según registros locales, con una concentración en su distribución anual en los meses de Octubre – Abril. La presencia de una napa freática oscilante es un factor que tiene un elevado efecto sobre el riesgo de anegamiento, salinización de los suelos y contaminación ambiental, esta condición determina que la napa pueda entrar en contacto con las lagunas digestoras; sin embargo, la oscilación se transformaría en un eventual aporte de agua a los cultivos (vía subterránea). (PEC 2009).

En la zona los suelos más representativos son los Argiustoles, los cuales son profundos y bien drenados. La textura es franca a franca arenosa muy fina. Los subgrupos que se presentan son Argiustoles típicos y údicos. Estos suelos poseen elevada capacidad productiva, cuya capacidad de uso es IIc. (PEC 2009).

El área es una planicie alargada en sentido norte – sur, muy suavemente ondulada, de relieve subnormal, con pendientes largas a muy largas y drenaje superficial moderado a lento. (Cantero Gutierrez et. al., 1986 citado por PEC 2009)”. El beneficiario directo cuenta con un campo de 10 ha ubicado aproximadamente a 600 m de la ciudad (ver detalle Figura 4).

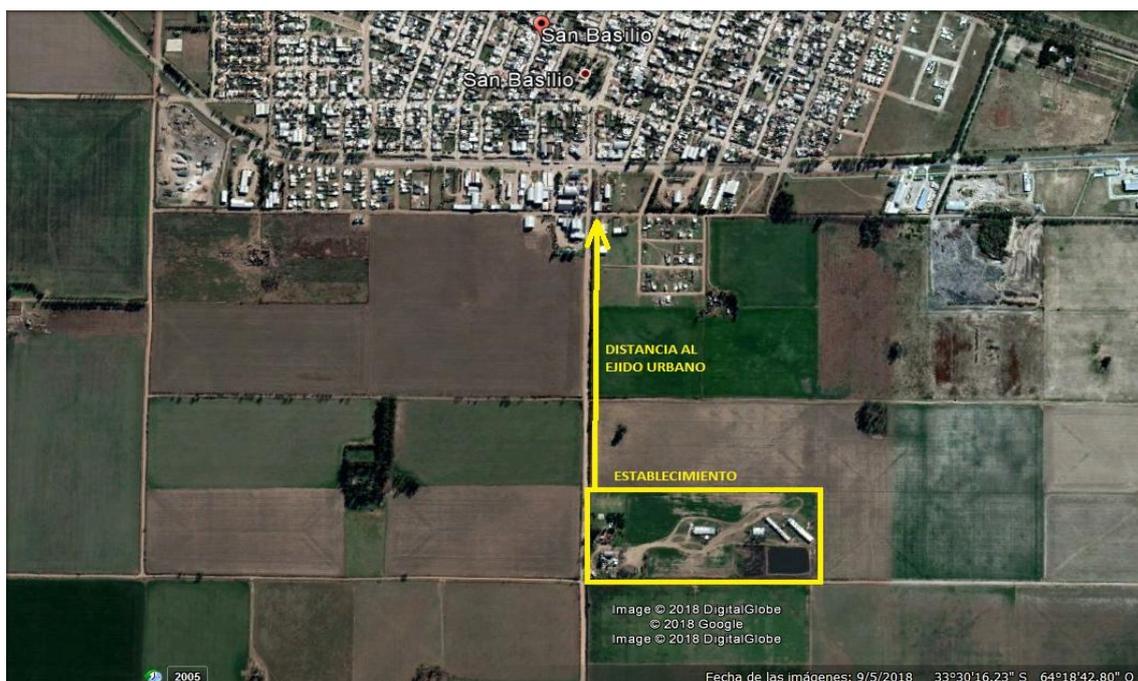


Figura 4 : Ubicación del establecimiento porcino San Basilio, Córdoba.

Fuente: Google Earth.



Figura 5 : Establecimiento porcino San Basilio, Córdoba.

Fuente: Google Earth.

El sitio de estudio (Figura 5) cuenta con:

- La vivienda del productor
- La vivienda del empleado (habitan dos personas)
- Un galpón donde guarda las maquinarias de trabajo (tractor y racionadora) y donde guarda un generador de 80 kVA (este último con alta capacidad ociosa)

- Estercolera
- Dos camiones de 320 y 450 HP con remolque tolva, jaula doble piso para hacienda y remolque térmico.
- Cuatro silos para almacenar alimento (maíz, soja y expeler de soja) exclusivos del sistema productivo.
- Superficie aproximada de 5 ha destinada a alfalfa u otro cultivo.
- Superficie aproximada de 40 ha ubicadas a 4 km. de distancia del sistema productivo para uso agrícola.
- Cuatro galpones donde realiza la actividad de recría (un galpón) y crecimiento (tres galpones).
- Una laguna anaeróbica de 5.500 m² aproximadamente.

SISTEMA DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION

El productor compra lechones con 7 kg y los engorda a 105 kg para faena. Los mismos están dispuestos en cuatro galpones c/u equipado con las diferentes exigencias que cada categoría demanda (lechones: 7-35 kg; cachorros: 36-50 kg; capones: 51-105 kg). Sólo en uno de los cuatro galpones (el que alberga lechones de 7 a 35 kg) posee calefacción con consumo de energía eléctrica, para regular la temperatura y mejorar el aumento diario de peso, y además realiza sistema TATA (todo adentro-todo afuera). El sistema cuenta con una capacidad productiva de 170 lechones/semana; existencia que ronda los 3.200 animales aproximadamente. La limpieza del galpón de recría se realiza todos los lunes y los galpones de engorde se realizan todos los viernes.

El productor efectúa el transporte de los cerdos que llegan al peso de faena, mediante un camión con jaula doble piso, semanalmente hacia el Frigorífico Río Cuarto, para luego, por medio de un camión con remolque térmico, vender las medias reses a carnicerías de las provincias de Mendoza, San Luis y San Juan.

RECURSOS FINANCIEROS

El productor posee capacidad para financiarse y efectuar el proyecto. Para cumplir con la financiación a futuro está dispuesto a destinar \$350.000 por año.

CARACTERIZACION DE LA SITUACION PROBLEMA

El manejo actual de los efluentes de los cerdos provoca contaminación ambiental, entre los que se destacan: contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación de napas, contaminación por la proliferación de plagas sinantrópicas (moscas y roedores, entre otras) a lo que se suma la generación de olores indeseables. Además, el sistema está en incumplimiento con los presupuestos mínimos de la Ley Nacional N° 25.675 (General del Ambiente), provinciales N° 9.306 y N° 10.208, última que se incorpora al marco normativo ambiental vigente en la Provincia (Ley N° 7343 y su Decreto Reglamentario 2131-00). A lo que se agrega en este momento, la imposibilidad de reutilización de subproductos como biogás y biofertilizante.

Teniendo en cuenta esto, se pretende desarrollar una propuesta para el correcto tratamiento de los efluentes y la reutilización de esos desechos para producir energía y biofertilizante. El uso del biodigestor da respuesta a la doble problemática que enfrenta el establecimiento; por un lado, a la necesidad de evitar la contaminación ambiental y por el otro, la sustitución de energía externa. También está el beneficio percibido por el abastecimiento de biofertilizante, el cual reduce los costos de compra de fertilizante industrial.

Groppelli y Giampaoli (2007) recomiendan realizar un inventario de la cantidad de residuos a estabilizar para establecer el volumen a tratar; relevar las características del lugar, en cuanto al nivel de las napas freáticas, para determinar la profundidad máxima de las excavaciones y analizar el régimen térmico de cada zona para definir el tiempo de permanencia de los sólidos a degradar en el biodigestor y, en consecuencia, el volumen del mismo.

Para el caso en estudio, el factor determinante en la elección y diseño del biodigestor es el volumen diario de efluentes a ser tratado, el cual representa un valor aproximado, ya que dicho informe se elabora con la información inmediatamente disponible. La cantidad de estiércol fresco que se obtiene del criadero es igual a 15.052,8 kg de estiércol por día según parámetros de cálculo obtenidos de fuente Paul Harris (2012) a través de una hoja de cálculo Excel de producción de metano.

El tomador de decisiones presenta preocupación por mitigar el daño ambiental generado por la actividad, sumando la posibilidad de disminuir los costos en el establecimiento haciendo al sistema más sustentable y está interesado por incorporar nuevas tecnologías que logren cumplir con dicha preocupación.

Estudio de Mercado

Este proyecto no define un mercado desarrollado para los productos de biodigestión, como así tampoco un canal de comercialización, ya que aquellos se consumen directamente en el establecimiento, no se comercializan fuera de este y los insumos que necesita los produce el mismo sistema, por lo que no es necesario comprarlo. Por lo tanto, para identificarlos y valorarlos se le asignarán precios equivalentes a los de productos sustitutos que se disponen en el mercado. Los mismos son para el *biogás*, el gasoil; y para el *residuo digerido o biofertilizante* (considerando que posee parte de N y P en proporciones diferentes) urea y fosfato diamónico.

Los aspectos que se considerarán en el estudio de mercado son:

- Productos generados e identificación de precios
- Insumos demandados.

PRECIOS PARA BIOGAS

La crisis energética y las perspectivas de precios en alza para el petróleo han generado posibilidades para el desarrollo de fuentes alternativas de energía (Chidiak y Stanley, 2009). Esta situación trae grandes beneficios y posibilidades al desarrollo de energías renovables que puedan sustituir la demanda mundial. Es por esto que se vería fuertemente beneficiado el desarrollo del biodigestor en dicho establecimiento.

Para valorar el precio de biogás se tomó como referencia el precio del gasoil en función su equivalente energético; por lo tanto, si la concentración energética del biogás es de 5.500 Kcal.m⁻³ representa el 67% del valor energético del gasoil (de 9.211 Kcal.L⁻¹), según equivalencias energéticas extraídas de Gropelli y Giampaoli (2007).

Los precios del gasoil fueron predecidos mediante estadísticas elaboradas con las series de precios 2003 – 2017 de AACREA (2018). Estos modelos sujetos son los que mejor ayudan para la predicción de precios:

$$Y = a + b.X + c.X^2$$

$$\text{Precio gasoil} = 6,104 + 0,056.T + 0,0001.T^2$$

Error típico: (0,38) (0,009) (0,0005)

Estadístico: 16,05; 5,83; 1,98

Los parámetros “a”, ”b” y “c” se extraen con predicciones de 2003 a 2017; la variable “T” representa el tiempo, medido en meses y toma valores del 1 al 180 para la serie 01/01/2003 al 01/12/2017 respectivamente. En Argentina, en la Figura 6, se presenta la evolución y la tendencia del precio constante a Diciembre de 2017 de gasoil, para la serie 2003 – 2017 de AACREA (2018). El análisis de tal situación manifiesta un incremento notorio a partir del año 2003 y una alta variabilidad.

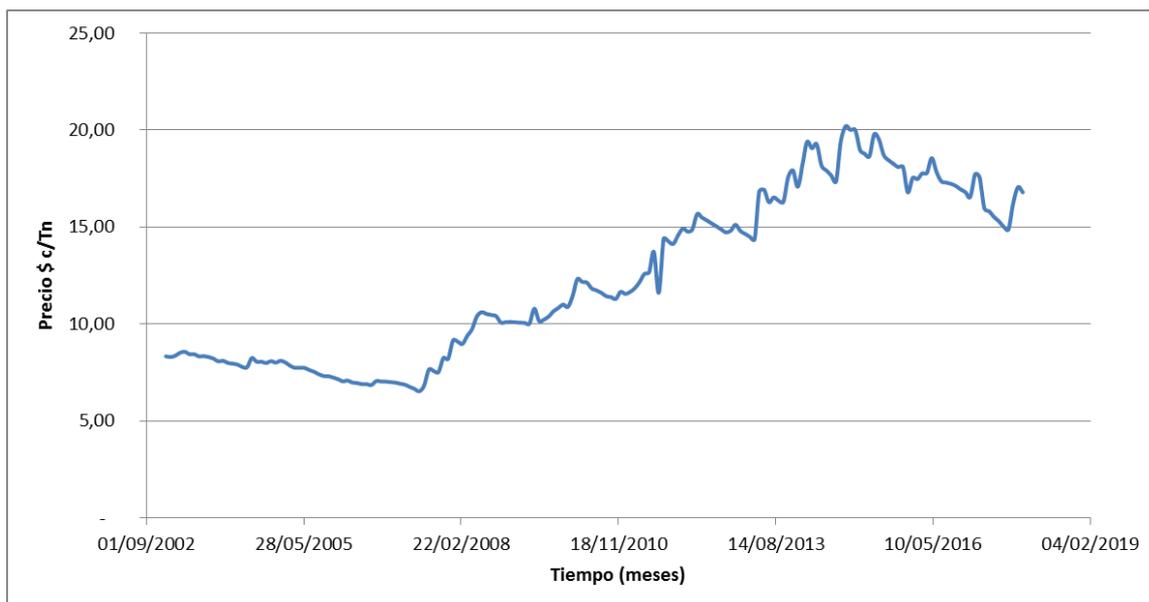


Figura 6 : Evolución de precios constante de gasoil para Argentina.

Fuente: Tomado de AACREA (2018).

Los valores de tendencia se muestran en el cuadro Resumen de precios (Tabla 2), calculados a partir del precio de Diciembre de 2017, siguiendo la prognosis de la evolución de precios tomados, desde el 2019 hasta el año 2039.

PRECIO RESIDUO DIGERIDO (Biofertilizante)

El precio del residuo digerido se obtiene a partir de su sustituto equivalente a urea para nitrógeno (N) y fosfato diamónico para fósforo (P). En la Figura 7 y en la Figura 8, pertenecientes a urea y fosfato diamónico respectivamente, se muestra la evolución y la tendencia del precio constante a Diciembre de 2017 en Argentina, tomados de la serie histórica de precios 2003 – 2017 de AACREA (2018). Se observa un aumento creciente y variable a partir del año 2003, por lo que se espera que el residuo digerido adopte el mismo comportamiento. Obsérvese además un pico en los precios dentro del periodo 2008-2009 como consecuencia de la influencia del sector agropecuario a partir de la oposición a una política de

Estado. Para determinar el precio a futuro considerando dicho pico de precios, se tomó el siguiente modelo que mejor se ajustó para la predicción de precios:

$$Y = a + b.X + c.Z$$

$$\text{Precio Biofertilizante} = a + b.T + c.D$$

Los parámetros “a”, ”b” y “c” se extraen con predicciones de 2003 a 2017; la variable “T” representa el tiempo, medido en meses y toma valores del 1 al 180 para la serie 01/01/2003 al 01/12/2017, respectivamente. El parámetro “D” es una variable binaria “Dami” que toma valores igual a 1 cuando los precios se ubican en el pico y un valor de 0 cuando los precios se ubican fuera del pico, de esta manera se pudo realizar la prognosis de precios desde el 2019 al 2039.

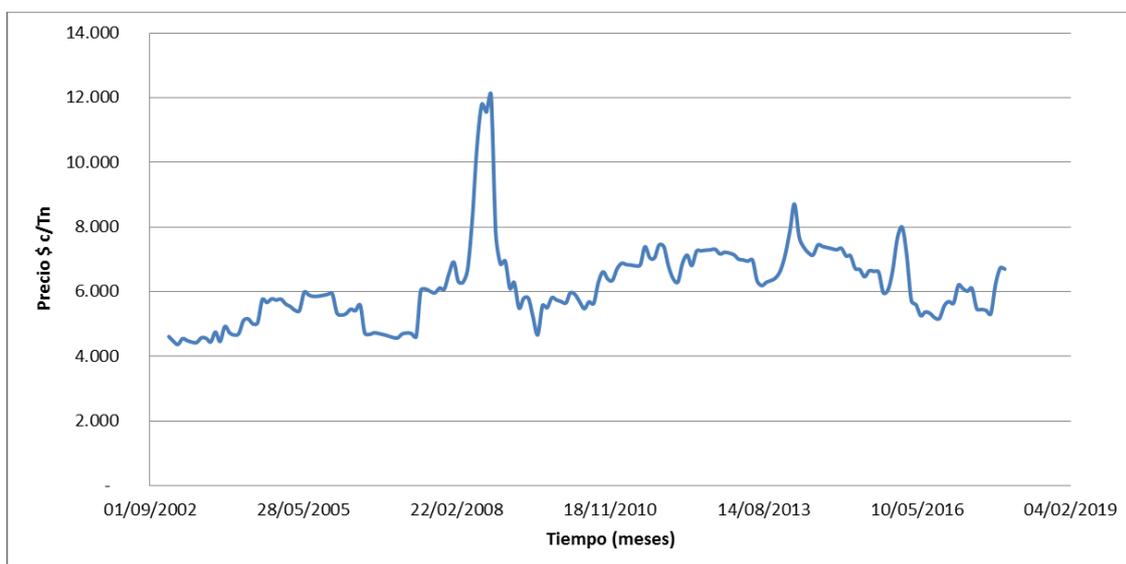


Figura 7 : Evolución de precio constante de UREA para Argentina.

Fuente: Tomado de AACREA (2018).

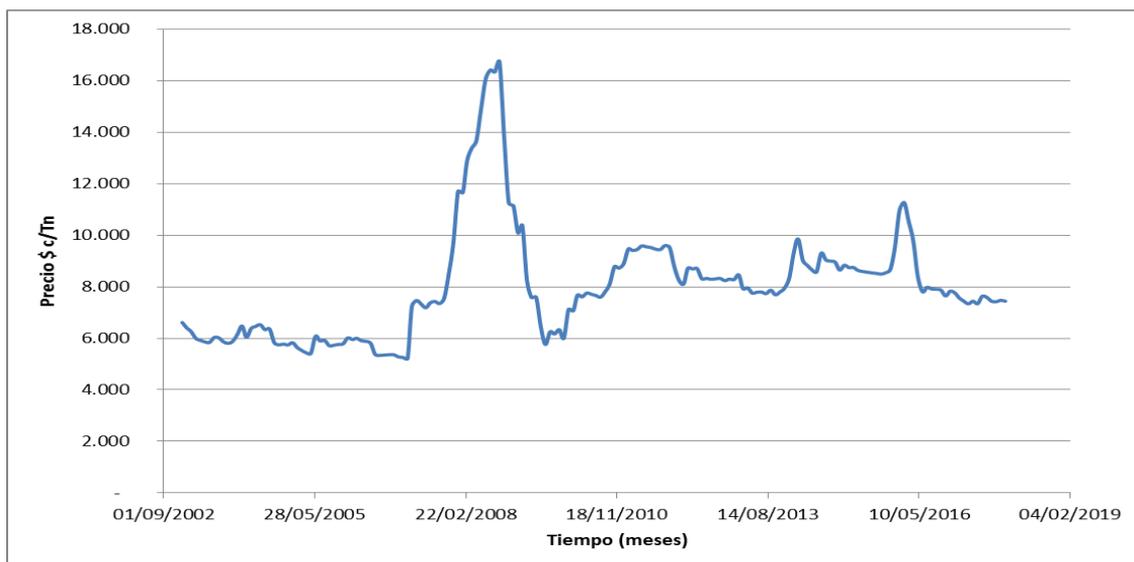


Figura 8 : Evolución de precios constante de FDA para Argentina.

Fuente: Tomado de AACREA (2018).

Tabla 2 : Tendencia de precios constantes proyectados para gasoil, fertilizantes, biogás y biofertilizante.

Año	Gasoil (\$/lts.)	Urea (\$/Tn.)	FDA (\$/Tn.)	Biogás (\$/m ³)	Biofertilizante (\$/Tn.)
2019	21,4	7.198	9.436	14,4	107,1
2020	22,6	7.323	9.653	15,1	109,1
2021	23,8	7.449	9.869	16,0	111,1
2022	25,1	7.575	10.086	16,8	113,1
2023	26,3	7.700	10.302	17,6	115,1
2024	27,6	7.826	10.518	18,5	117,0
2025	29,0	7.952	10.735	19,4	119,0
2026	30,3	8.078	10.951	20,3	121,0
2027	31,7	8.203	11.168	21,3	123,0
2028	33,1	8.329	11.384	22,2	125,0
2029	34,6	8.455	11.600	23,2	126,9
2030	36,1	8.580	11.817	24,2	128,9
2031	37,6	8.706	12.033	25,2	130,9
2032	39,1	8.832	12.249	26,2	132,9
2033	40,7	8.958	12.466	27,3	134,9
2034	42,3	9.083	12.682	28,3	136,8
2035	43,9	9.209	12.899	29,4	138,8
2036	45,6	9.335	13.115	30,5	140,8
2037	47,3	9.460	13.331	31,7	142,8
2038	49,0	9.586	13.548	32,8	144,8
2039	50,7	9.712	13.764	34,0	146,7

Fuente: Elaboración propia.

Aspectos técnicos

LOCALIZACIÓN

Debido a que la localización está definida, no es necesario realizar una búsqueda estratégica de un espacio geográfico. En consecuencia, se detallará con más precisión la ubicación del mismo como micro y macro localización.

Como micro localización, el mismo se ubica aproximadamente 600 m al sur de la ciudad de San Basilio, como se observa en la Figura 4, en el Departamento de Río Cuarto al Sur de la Provincia de Córdoba, Argentina. Esta cercanía es una de las causas de búsqueda de un biodigestor debido a la contaminación que percibe el pueblo con malos olores y plagas sinantrópicas; sumado el daño al medio ambiente por percolación de nutrientes a la napa, y emisiones de gases de efecto invernadero. Posee también como condicionante el nivel freático el cual varía de uno a dos metros de profundidad.

La macro localización del establecimiento de recría porcina se ubica al sur de la ciudad de San Basilio, *latitud 33°30'30.33" S y longitud 64°18'41.84" O* según fuente Google Earth (2018). El productor tiene conexión con la UNRC para consultas y presenta como condicionante el factor legislativo con el cual debe cambiar de tratamiento de los efluentes, pero a su vez posee legislatura a favor con la Ley Nacional 26.093/06 de biocombustibles.

TAMAÑO

El tamaño de la planta de tratamiento y aprovechamiento de efluentes está definido por el volumen de producción diario de efluentes del establecimiento porcino. En tanto, la capacidad o tamaño normal para la producción de biogás depende del tiempo de retención hidráulico en el biodigestor. En este trabajo final de grado se estudian tres capacidades de producción diarias de biogás diferentes: 578 m³; 678 m³ y 727 m³ para un tiempo de retención hidráulico de 10 días, 19 días y 35 días respectivamente. En el estudio de ingeniería se muestran los detalles y el dimensionamiento de cada alternativa que posteriormente son valoradas en la evaluación económica (Tabla 3).

Con respecto al volumen diario se considera, en primer lugar, que el aporte de efluente se origina de la totalidad de los cerdos en recría, que es de aproximadamente 3.200 animales, teniendo en cuenta todas las categorías y el ciclo completo de producción (desde que se compra el lechón con 7 kg hasta que se lo faena con 105 kg); y en segundo lugar, que el mismo está compuesto por las heces, residuos de alimento, agua de lavado y la que se derrocha por los chupetes. Este recurso tiene una consistencia semi-liquida y su valor ponderado aproximado es de 14-15 Tn de estiércol fresco/día.

INGENIERÍA

Para el caso en estudio se recomendó el *biodigestor de desplazamiento horizontal* para tratar el volumen de efluentes que alcanza los 14-15 Tn de estiércol fresco/día, ya que es una alternativa de construcción simplificada que utiliza elementos que fácilmente se consiguen en el mercado; lográndose de esta manera construir un biodigestor de manera simple, rápida y de bajo costo; a expensas de la duración del mismo.

La ingeniería de obra de la cual consiste la construcción del biodigestor es: cámara de digestión y gasómetro; una cámara de carga, por donde ingresarán los efluentes; una cámara de descarga, donde será recibido el lodo fertilizante; una planta de recepción y compresión del biogás; las cañerías necesarias para la alimentación del biodigestor, la conducción del biogás hacia las fuentes de consumo y para el sistema de calefacción. La ingeniería de proceso incluye la descripción de todo el proceso desde la llegada de los efluentes al biodigestor, la circulación por la cámara de digestión, la salida del biofertilizante hacia la cámara de descarga y la salida y circulación del biogás.

A continuación, se desarrolla el cálculo de producción de biogás y de biofertilizante.

DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR

A partir de los datos de tiempo de retención (definidos en las diferentes alternativas), el volumen diario de estiércol a ser tratado y la temperatura con la que operará el biodigestor se determina el volumen necesario de la cámara de digestión del mismo. La cámara de digestión se construirá bajo la superficie del terreno, de forma rectangular y construida en hormigón armado. En el interior de la cámara de digestión se colocarán tres (3) deflectores transversales al flujo, construidas con placas de P.R.F.V. (plástico reforzado con fibra de vidrio) que permiten que el material en digestión se desplace en forma de “zig-zag” para que cumpla con el tiempo de residencia. Las dimensiones necesarias para lograr el volumen serán:

Tabla 3 : Inventario de alternativas de biodigestores y sus dimensiones.

		Alternativa 10 días	Alternativa 19 días	Alternativa 35 días	Unidades
SECTOR DE CARGA					
CAMARA DE CARGA		60,00	60,00	60,00	m ³
SECTOR DE DIGESTION ANAEROBICA					
CAMARA DE DIGESTION	VOLUMEN TOTAL	301,00	569,00	1.053,70	m ³
	VOLUMEN UTIL	280,90	533,88	983,45	m ³
	LARGO	21,50	32,50	43,00	m
	ANCHO	8,00	10,00	14,00	m
	PROFUNDIDAD TOTAL	1,75	1,75	1,75	m
	PROFUNDIDAD UTIL	1,70	1,70	1,70	m
	CAMARA DE CALEFACCION	46,16	87,71	161,57	m ³
CUBIERTA SUPERIOR	SUPERFICIE	240,85	457,61	842,96	m ²
	VOLUMEN MAXIMO DE ACUMULACION DE BIOGAS	80,28	152,54	280,99	m ³
SERPENTINA DE INGRESO	LARGO DE CAÑERIA	225,00	400,00	700,00	m
SERPENTINA DE CALEFACCION DE FONDO	LARGO DE CAÑERIA	225,00	400,00	700,00	m
SECTOR DE DESCARGA					
CAMARA DE DESCARGA		30,51	57,96	106,77	m ³
SECTOR DE ACUMULACION Y BOMBEO DE BIOGAS					
GASOMETRO	PRESION DE TRABAJO	180,00	180,00	180,00	mm de Agua
	VOLUMEN MAXIMO DE ACUMULACION DE BIOGAS	160,57	305,07	561,97	m ³
SOPLADOR	POTENCIA	1,75	1,75	1,75	Kw
	CAUDAL MAXIMO	3,5-4,25	3,5-4,25	3,5-4,25	m ³ /min
CENTRAL TERMICA					
CALDERA	POTENCIA DE QUEMADOR	180.000	180.000	180.000	Kcal/h
PRODUCCION DE BIOGAS/DIA		578	678	727	m ³
CARGA DIARIA		14-15	14-15	14-15	m ³ /día
PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTE/DIA		13,72/14,75	13,72-14,75	13,72-14,75	m ³ /día
TEMPERATURA DEL PROCESO		36-37	36-37	36-37	°C
REDUCCION DE SOLIDOS	%SV	40	40	40	%
	%ST	30	30	30	%

Fuente: Elaboración propia.

El gasómetro está constituido por una doble membrana de caucho sintético, rellena con 8 cm de lana de vidrio para lograr una óptima aislación térmica, cuyo volumen aumenta en la medida que se va generando el biogás, hasta alcanzar un volumen máximo. Los extremos de dicha cubierta van sumergidos en una canaleta perimetral a toda la cuba de hormigón, que contiene agua permanente, para lograr un sellado hidráulico que evite la pérdida de gas a la atmósfera. El gasómetro actuará como reservorio del biogás producido y el excedente de biogás que no se aproveche, se quemará para no sobrecargar al biodigestor y no emanar gas metano al ambiente.

Construcción de la cámara de digestión.

La cámara de digestión se construirá prácticamente bajo la superficie del terreno, para lograr un cierto aislamiento térmico, de forma rectangular y de hormigón armado correctamente impermeabilizado. Sus dimensiones serán las dadas con anterioridad para cada caso en estudio (Tabla 3).

Sobre el piso, se instalarán cinco (5), seis (6) y ocho (8) líneas longitudinales, respectivamente para las alternativas 10, 19, 35 días, de cañería de polietileno de 2 pulgadas de diámetro.

Además, una serpentina en la cámara de calefacción, también de polietileno de 2 pulgadas de diámetro. Estos, sumados a una caldera, conforman el sistema de calefacción que permitirá además una agitación natural, debido a la generación del biogás y al movimiento convectivo generado por la calefacción desde el fondo del biodigestor, lo que produce un ascenso del líquido hacia la superficie por estar más caliente.

Otro componente que permitiría conservar la temperatura dentro del biodigestor podría ser un invernadero de forma semicircular construida con estructura tubular, cubierta con una membrana de polietileno transparente, para calefaccionar el interior por “efecto invernadero”, en consecuencia, permitiendo menor consumo de biogás por menor funcionamiento de la caldera. Para dicho caso en estudio no se consideró dicha inversión por falta de información de cuánto puede influir en reducir el consumo de la caldera, sumado a que forma parte de una inversión considerable y sosteniendo la teoría de que, por el gran tamaño de los biodigestores, éstos pueden generar y sostener la temperatura en el tiempo por una alta actividad microbiana.

El transporte de gas hacia el soplador se realizará por medio de dos tubos flexibles, ubicados en la parte superior del gasómetro, los cuales primero pasarán por una trampa de agua y un filtro de gas de carbón activado, para retener el ácido sulfhídrico permitiendo que no se corroan los materiales metálicos con los que toma contacto y lograr un biogás de calidad apto para el consumo en motores de combustión interna.

Construcción de cámara de carga.

Para dimensionar la cámara de carga se considerará que la limpieza de los cuatro galpones se realiza en dos momentos de la semana. Los lunes se realiza la limpieza en el galpón de recría el cual posee aproximadamente 1.800 animales de en promedio 30 kg con lo que el total de efluentes generados será de $4,5 \text{ m}^3$ por día que aproximadamente son 32 m^3 por semana (equivalente a la limpieza de todos los lunes). Los viernes se efectúa la limpieza de los tres restantes galpones de crecimiento, los que suman 1.400 animales con 80 kg en promedio; por lo que generan $9,5 \text{ m}^3$ por día que aproximadamente en la semana es un total de 67 m^3 .

La cámara de carga entonces se construirá de mampostería con estucado interior, bien impermeabilizado con una capacidad de 60 m^3 para posibilitar el almacenamiento de una semana de producción considerando que se suministraran por día $14-15 \text{ m}^3$. Contará con una fuente de agua para ser utilizada en la limpieza, o para realizar alguna dilución del material, en caso de ser necesario. Se reorientarán hacia esta cámara las tuberías que actualmente conducen los efluentes desde los galpones hacia la laguna estercolera, de esta manera, la cámara de carga

recibirá efluentes desde los galpones del criadero en dos momentos de la semana, para luego de completar los 60 m³, e iniciar su descarga dentro del biodigestor todos los días.

La cámara se construirá semi-enterrada con respecto al nivel de suelo con una elevación del terreno a un metro y medio de la altura de la misma para facilitar el acceso. Sus dimensiones serán: 6 m de largo, 5 m de ancho y 2,5 m de altura (un metro bajo el nivel del suelo y un metro y medio sobre el nivel del suelo). Por último, se conectará con la cámara de digestión a través de un tubo de PVC con forma de sifón de desagüe realizado con un caño de 250 mm de diámetro y de 2 m de longitud, que se extenderá desde la cámara de carga, hasta la cámara de digestión, la entrada en esta cámara se mantendrá bajo el nivel del fondo de la misma para tomar contacto rápidamente con las serpentinas de calefacción.

Construcción de cámara de descarga.

La cámara de descarga tendrá un volumen de 5.580 m³ aproximadamente, 90 m de largo, 62 m de ancho, 1.5 m de profundidad, 2 m bajo nivel de suelo y 0,25 m sobre nivel, con terraplén. Para su construcción, se reciclará una de las lagunas que actualmente posee el criadero que deberá estar correctamente impermeabilizada con geomembrana. La extracción del lodo fertilizante desde el biodigestor hacia la cámara de descarga, se realizará a través de un tubo de PVC con forma de sifón de desagüe con salida de 110 mm de diámetro, que permite que salga el líquido sin que se escape el biogás.

La cámara de descarga almacenará el biofertilizante hasta ser utilizado y permitirá que este se oree y pierda volumen, concentrando la dilución con la que sale del biodigestor.

Construcción de planta de comandos, presurización y recirculación

La planta de comandos se construirá de mampostería con techo metálico tipo zinc, de 7 m x 7 m para albergar el soplador, que recibirá el biogás del gasómetro y lo conducirá al motor a caudal constante, las llaves de paso de gas hacia los distintos puntos de consumo (casa de empleados, casa de familia, sistema de calefacción de biodigestor y moto-generator), la caldera de calefacción y el motor de 200 HP conectado al generador de 80 kVA. A continuación, se muestran bosquejos referentes al corte transversal y corte longitudinal respectivamente de la planta de tratamientos de efluentes.

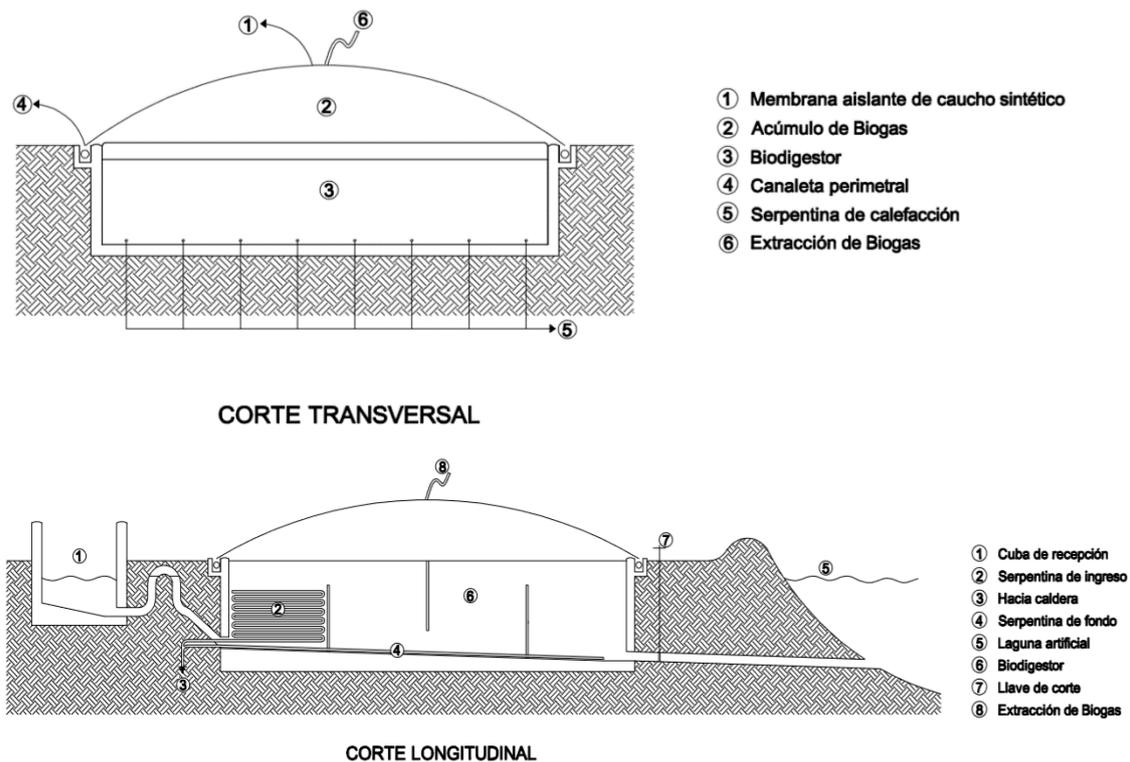


Figura 9 : Bosquejo del biodigestor. Corte transversal y longitudinal.

Fuente: Dibujos diseñados por Jeremías Martínez.

Ingeniería del proceso

Llegada de los efluentes al biodigestor

La gestión de los efluentes en los galpones obedece al criterio de manejo de los animales dentro de los mismos (sistema TATA (todo adentro, todo afuera) en el galpón de recría y sistema continuo en los tres galpones de crecimiento). Independientemente de esto, diariamente se enviarán al biodigestor 14-15 m³ de efluentes provenientes de la cámara de carga para mantener el flujo continuo dentro del mismo.

El efluente será transportado desde los galpones hacia la cámara de carga a través de cañerías de PVC de tres pulgadas de diámetro, impulsado por bombas estercoleras ubicadas en cada galpón. En la cámara de carga, el material se unifica e ingresa a la cámara de digestión, mientras que, por el otro extremo se extraen 14 m³ de lodo fertilizante para ser enviado a la cámara de descarga/almacenaje.

Circulación y agitación del efluente en el biodigestor

El efluente circula dentro del biodigestor en “flujo pistón”, es decir, a medida que se extrae el lodo fertilizante por un extremo del biodigestor, por el extremo opuesto ingresa el material a ser tratado, garantizando que cada porción de efluente permanezca dentro de la cámara de digestión los días de duración del proceso de biodigestión correspondientes a cada alternativa (Alternativa 10, 19 y 35 días), mientras cumple su recorrido. La agitación del fluido dentro de la cámara de digestión contribuye a aumentar el contacto entre el sustrato y las bacterias, haciendo más eficiente su fermentación y permite movilizar las burbujas de gas que permanecen retenidas en el fluido de digestión. El mecanismo de agitación se logra, como se mencionó anteriormente en la construcción de la cámara de digestión, con las serpentinas de fondo y las de la cámara de calefacción.

Extracción del lodo fertilizante

La extracción del lodo fertilizante del biodigestor se realizará por apertura de una compuerta y pasaje a una cañería con sifón de desagüe que permite la salida del líquido sin pérdidas de biogás. El lodo fertilizante será elevado hacia la cámara de descarga, donde se almacenará hasta su utilización como fertilizante agrícola.

Extracción del biogás

El biogás producido diariamente que excede el volumen máximo de acumulación en el gasómetro del biodigestor, por diferencia de presión llega a un soplador que lo envía hacia los puntos de consumo como la caldera, que mantiene la temperatura constante en el biodigestor, las dos casas de familia y moto-generador. Como sale de un ambiente climatizado (35°C), saturado de vapor de agua, se debe hacer pasar por un condensador y un filtro de agua antes de llegar al soplador, sumado también a la colocación de algún dispositivo de seguridad por sobrepresión. Según Paul Harris (2008), se necesita mucha energía para comprimir el gas (esta energía generalmente solo se desperdicia), además de que existe el riesgo de una presión alta. El almacenamiento de volumen variable (bolsa flexible o tambor flotante son las dos variantes principales) es mucho más fácil y más económico de organizar que los cilindros, reguladores y compresores de alta presión.

Almacenamiento del biogás

El principal dispositivo de almacenamiento de biogás es el gasómetro del biodigestor. Este volumen permite compensar la estacionalidad del consumo de biogás respecto de la continuidad de su producción. Así mismo, cuando la producción excede largamente al consumo y al volumen máximo de acumulación del gasómetro se pone en marcha un dispositivo de venteo del

biogás a través de un quemador con el fin de no emanar volúmenes de metano y si de dióxido de carbono que ocasiona menos daño al ambiente.

Cálculo de producción de biogás y biofertilizante

Como se mencionó con anterioridad, la formulación de las alternativas propuestas se basa en DigiCalc de Paul Harris, los valores de cada alternativa se extraen del mismo.

La producción diaria de efluentes del criadero es de 14.000 a 15.000 kg de estiércol fresco (14-15 m³), generando, para cada alternativa.

Según Gropelli y Gianpaoli (2001) el proceso de fermentación anaeróbica al que es sometido el estiércol dentro del biodigestor, no provoca grandes reducciones en el volumen del efluente tratado (menores del 2%) por esto, puede asumirse que, a partir de los 14-15 m³ diarios de efluente se obtendrán 13,72-14,75 m³ de biofertilizante.

Uso del biogás y del biofertilizante en el establecimiento

El biogás tendrá tres usos principales, por un lado, se destinará al consumo de gas de las casas de familia; por otro, será destinado a la climatización del biodigestor, a través de una caldera; y por último, para alimentar un motor diesel de 200 HP conectado a un generador de 80 kVA que producirá electricidad para todo el establecimiento.

Para dimensionar el consumo de biogás de cada uso se tomó como fuente a Gropelli y Giampaoli (2001), los cuales detallan consumos aproximados para diferentes usos del biogás, que a continuación se trasladarán al caso en estudio.

Como en el establecimiento una familia está compuesta por tres personas (padres y un hijo) y la otra por dos personas, Gropelli y Giampaoli (2001) establecen que una familia rural compuesta por 5 personas consume aproximadamente por día 5,37 m³, por lo que se tomará este valor como referencia. Con respecto al consumo que tiene la caldera para lograr la termorregulación del biodigestor, se considera utilizar el mismo equipo pero diferenciándose en función de más o menos horas de uso respectivamente para las alternativas 10, 19, y 35 días. A partir del dato de consumo de biogás del quemador de la caldera se puede obtener el volumen de biogás consumido por hora igual a 32,7 m³.h⁻¹. Finalmente para el caso del uso de un motor de 200 HP para hacer funcionar el generador de 80 kVA; se asigna al rendimiento de conversión de biogás en energía motriz un valor de 0,5 m³.HP-h⁻¹, por lo que una hora de trabajo equivale a 100 m³. Al remanente de biogás de cada alternativa que se obtiene por día se lo aprovecha por medio de la utilización del motor de 200 HP para generar electricidad y en consecuencia lograr disminuir el consumo de electricidad del establecimiento. Los valores de producción mensual y anual de biogás, consumo de gas en el establecimiento, remanente/déficit y las horas que trabaja el

motogenerador para cada alternativa se resumen en las siguientes tablas, bajo el supuesto que la caldera trabaja aproximadamente 2.870; 3.385,5 y 3.844,5 horas por año respectivamente para cada alternativa.

Tabla 4 : Producción, consumos y remanente/déficit para la alternativa 10 días.

	PROD. MENSUAL (m ³)	CONSUMO CALDERA (m ³)	CONSUMO HOGAR (m ³)	REMANENTE/DEFICIT (m ³)	MOTOGENERADOR (Hs./mes)
E	17.328	3.927	161,1	13.239	132,4
F	17.328	3.927	161,1	13.239	132,4
M	17.328	5.891	161,1	11.276	112,8
A	17.328	7.855	161,1	9.312	93,1
M	17.328	9.818	161,1	7.349	73,5
J	17.328	10.800	161,1	6.367	63,7
J	17.328	13.745	161,1	3.421	34,2
A	17.328	12.764	161,1	4.403	44,0
S	17.328	7.855	161,1	9.312	93,1
O	17.328	5.891	161,1	11.276	112,8
N	17.328	5.891	161,1	11.276	112,8
D	17.328	3.927	161,1	13.239	132,4
Total	207.934	92.291	1933,2	113.710	1.137

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 : Producción, consumos y remanente/déficit para la alternativa 19 días.

	PROD. MENSUAL (m ³)	CONSUMO CALDERA (m ³)	CONSUMO HOGAR (m ³)	REMANENTE/DEFICIT (m ³)	MOTOGENERADOR (Hs./mes)
E	20.326,5	5.890,9	161,1	14.274,49	142,7
F	20.326,5	5.890,9	161,1	14.274,49	142,7
M	20.326,5	7.854,5	161,1	12.310,85	123,1
A	20.326,5	9.818,2	161,1	10.347,22	103,5
M	20.326,5	9.818,2	161,1	10.347,22	103,5
J	20.326,5	12.763,6	161,1	7.401,76	74,0
J	20.326,5	14.727,3	161,1	5.438,13	54,4
A	20.326,5	12.763,6	161,1	7.401,76	74,0
S	20.326,5	9.818,2	161,1	10.347,22	103,5
O	20.326,5	7.854,5	161,1	12.310,85	123,1
N	20.326,5	5.890,9	161,1	14.274,49	142,7
D	20.326,5	5.890,9	161,1	14.274,49	142,7
TOTAL	243.918,0	108.981,8	1933,2	133.003,0	1.330,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 : Producción, Consumos y remanente/déficit para la alternativa 35 días.

	PROD. MENSUAL (m ³)	CONSUMO CALDERA (m)	CONSUMO HOGAR (m ³)	REMANENTE/DEFICIT (m)	MOTOGENERADOR (Hs./mes)
E	21.797,5	5.890,9	161,1	15.745,5	157,5
F	21.797,5	5.890,9	161,1	15.745,5	157,5
M	21.797,5	7.854,5	161,1	13.781,8	137,8
A	21.797,5	9.818,2	161,1	11.818,2	118,2
M	21.797,5	11.781,8	161,1	9.854,6	98,5
J	21.797,5	13.745,5	161,1	7.890,9	78,9
J	21.797,5	15.709,1	161,1	5.927,3	59,3
A	21.797,5	14.727,3	161,1	6.909,1	69,1
S	21.797,5	12.763,6	161,1	8.872,7	88,7
O	21.797,5	9.818,2	161,1	11.818,2	118,2
N	21.797,5	7.854,5	161,1	13.781,8	137,8
D	21.797,5	7.854,5	161,1	13.781,8	137,8
TOTAL	261.569,6	123.709,1	1.933,2	135.927,3	1.359,3

Fuente: Elaboración Propia.

El biofertilizante se acumulará en la laguna que se recicló para dicho fin, utilizándose en una superficie de 40 ha que posee el productor para realizar cultivos agrícolas que abastezcan de grano al establecimiento y así alimentar a los cerdos. Sumado también a la posibilidad de venta en tanto se consiga algún comprador, o si no, se entregará gratis. Los costos de inversión para

cada alternativa se resumen en la siguiente imagen (Tabla 7). Los precios fueron llevados a principios del 2018 considerando una inflación acumulada del 32,4% en lo que va del año.

Tabla 7 : Inversión del proyecto para cada alternativa.

INVERSION	ELEMENTOS	A.10DIAS	A.19DIAS	A.35DIAS
CAMARA DE CARGA	Excavacion	\$ 52.728	\$ 52.728	\$ 52.728
	Construcción mampostería 60m3	\$ 274.267	\$ 274.267	\$ 274.267
	Tubo PVC con chicana 250mmx2m	\$ 1.082	\$ 1.082	\$ 1.082
CAMARA DE DIGESTION	Excavacion	\$ 530.092	\$ 1.005.365	\$ 1.851.983
	Construccion cuba de digestion	\$ 1.025.908	\$ 1.746.994	\$ 2.827.738
	Placas P.R.F.V.	\$ 18.171	\$ 22.714	\$ 31.799
	Cubierta superior con aislacion	\$ 78.480	\$ 152.654	\$ 281.845
	Serpentina de ingreso	\$ 8.229	\$ 14.629	\$ 25.600
CAMARA DE DESCARGA	Serpentina de fondo	\$ 8.229	\$ 14.629	\$ 25.600
	Tubo PVC con chicana 110mmx2m	\$ 226	\$ 226	\$ 226
	Laguna estercolera reciclada	C.U.	C.U.	C.U.
	Caldera	\$ 288.571	\$ 288.571	\$ 288.571
SALA DE COMANDOS	Soplador biogás	\$ 5.111	\$ 5.111	\$ 5.111
	Generador 80KVA	C.U	C.U	C.U
	Motor 200HP	\$ 250.796	\$ 250.796	\$ 250.796
	Cañería de gas (termofusion)	\$ 10.266	\$ 10.266	\$ 10.266
	Construccion sala de comandos 7mx7m	\$ 563.108	\$ 563.108	\$ 563.108
	Chapa zinc (m ²)	\$ 10.647	\$ 10.647	\$ 10.647
	Filtro de agua, valvula de seguridad, filtro de carbon activado 8m ³ /min	\$ 47.834	\$ 47.834	\$ 47.834
TOTAL		\$ 3.173.744	\$ 4.461.619	\$ 6.549.201

Fuente: Elaboración propia.

Requerimientos de mano de obra

Para cada alternativa se debería contar con tres operarios, con rotación cada tres días de tiempo completo al sistema, esto será necesario cuando deba realizarse el vaciado de las fosas, dilución del efluente en caso de ser necesario, o vaciado de la laguna de biofertilizante. Realizar monitoreo de pH del biodigestor, corroborar el correcto funcionamiento de la caldera, accionar el motogenerador en caso que se necesite energía eléctrica o cuando la presión generada dentro del gasómetro alcance su máximo valor.

Otra actividad que podría realizar semanalmente sería la de monitorear el funcionamiento del sistema, que no haya fugas de biogás en todo lo relacionado a cañerías y biodigestor mismo; y el mantenimiento del predio (cortar césped y revisar alambrados perimetrales).

También se debería contar con un técnico, para el asesoramiento sobre cómo realizar el manejo de cada alternativa.

Madurez

Papes en su tesis final de grado (2011) sostiene que si bien a nivel internacional las tecnologías de manejo de efluentes están divulgadas y son maduras, p.e. Yiridoe *et al.*, 2009 en Canadá, Giesy *et al.*, 2009 en EE.UU. y Harris, 2009 en Australia, para Argentina y en especial para la zona de San Basilio son técnicas relativamente nuevas ya que si bien en la actualidad existen

lagunas digestoras estas carecen de un manejo adecuado o las llevan adelante empresas de gran envergadura.

Flexibilidad

Las tres alternativas de diseño son flexibles ya que en caso de fallar el proyecto todas pueden convertirse en la alternativa de tratamiento que actualmente realiza el establecimiento, por ejemplo, retirando la membrana que actúa como barrera podría tenerse una laguna anaeróbica.

Evaluación Económica

Las inversiones que se proyectan realizar incluyen todas las mencionadas con anterioridad respectivas a las alternativas 10 días, 19 días y 35 días. Los costos que insume el proyecto son los relacionados con la operación, siendo el mismo igual al 15%, y el mantenimiento de las nuevas instalaciones. Los ingresos del proyecto son producto de la sustitución de insumos que el establecimiento tenía que adquirir en la situación sin proyecto: La generación de biogás sustituye el 100% de gas natural y la energía eléctrica se sustituye en función del remanente que el sistema deje a disposición para el consumo del motor a través del generador, sumado el ahorro de compra de fertilizante artificial por la sustitución del biofertilizante.

CUANTIFICACION DE LA SITUACION CON Y SIN PROYECTO.

Para el caso en estudio no se consideró valorar la situación sin proyecto considerando al daño ambiental ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero y contaminación de napas ya que las multas generadas por los organismos correspondientes se efectúan con poca frecuencia. Por lo que el equivalente es igual a cero. Sin embargo, aunque las multas por contaminación ambiental no son frecuentes, existe la posibilidad de riesgo de cierre total del establecimiento. Si dichas multas fueran frecuentes una forma de valorarla sería en función de la sanción que establece la Ley Provincial N° 9.306, cuya multa por daño ambiental generado varía de 5 a 200 veces el salario básico del peón rural. Los parámetros de rentabilidad de cada proyecto son: TIR: 22% y un periodo de recupero de seis años para la alternativa de 10 días, 20% y un periodo de recupero de siete años para la alternativa de 19 días y un 2% sin percibir periodo de recupero para la alternativa de 35 días. A continuación, se resume el análisis beneficio costo para cada alternativa.

Tabla 8 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 10 días.

Año	Alternativa 10 días			
	0	1	n	20
BNsP		0		0
BNcP				
Ingresos	0	3.521.179		7.603.394
Egresos	0	-2.781.328		-4.521.146
Inversion				
Fijas	-3.173.744			1.584.317
Circulantes	-463.555			463.555
Nominales	-476.062			
Beneficios neto c/p	-4.113.361	739.851		5.130.121
BN c y s/p	-4.113.361	739.851		5.130.121
BNA	-4.113.361	643.349		313.452
BNAA	-4.113.361	-3.470.012		4.484.864

Nota: BNsP: beneficio neto sin proyecto, BNcP: con proyecto, BN c/p: beneficio neto con proyecto, BN c y s/p: beneficio neto con y sin proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 19 días.

Año	Alternativa 19 días			
	0	1	n	20
BNsP		0		0
BNcP				
Ingresos	0	4.037.676		8.898.417
Egresos	0	-3.020.903		-5.257.310
Inversion				
Fijas	-4.461.619			2.285.617
Circulantes	-503.484			529.294
Nominales	-669.243			
Beneficios neto c/p	-5.634.346	1.016.773		6.456.018
BN c y s/p	-5.634.346	1.016.773		6.456.018
BNA	-5.634.346	884.150		394.465
BNAA	-5.634.346	-4.750.195		4.676.575

Nota: BNsP: beneficio neto sin proyecto, BNcP: con proyecto, BN c/p: beneficio neto con proyecto, BN c y s/p: beneficio neto con y sin proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 : Flujo de evaluación económica para la alternativa 35 días.

Año	Alternativa 35 días			
	0	1	n	20
BNsP		0		0
BNcP				
Ingresos	0	4.291.040		8.784.320
Egresos	0	-3.569.838		-5.889.781
Inversion				
Fijas	-6.549.201			3.042.398
Circulantes	-594.973			594.973
Nominales	-982.380			
Beneficios neto	-8.126.554	721.202		6.531.910
BN c y s/p	-8.126.554	721.202		6.531.910
BNA	-8.126.554	627.132		399.102
BNAA	-8.126.554	-7.499.422		-778.613

Nota: BNsP: beneficio neto sin proyecto, BNcP: con proyecto, BN c/p: beneficio neto con proyecto, BN c y s/p: beneficio neto con y sin proyecto. Fuente: Elaboración propia.

ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

A partir del análisis de flujos de caja se concluye que la alternativa que logra mayor beneficio económico es la de 19 días. Por lo que se procede a realizar el análisis de riesgo e incertidumbre para corroborar el comportamiento de las variables intervinientes. Los parámetros utilizados que determinan el punto de corte (que hace igual a cero) del VAN son la producción de biogás, el precio de biogás y biofertilizante, la cantidad de empleados y las horas de funcionamiento de la caldera. Los parámetros que en mayor medida sensibilizan los valores de VAN son el de producción de biogás y el de horas por año que funciona la caldera.

Para la producción de biogás se puede observar que reducciones en un 19% aproximadamente hallan el punto de corte para el VAN, por lo que se entiende la importancia en mantener constante la alimentación del biodigestor con efluente y de la mantención de temperatura óptima de trabajo para el correcto funcionamiento; este parámetro sería uno de los más sensibles del modelo. En cuanto al funcionamiento (horas por año) de la caldera, otro parámetro de importancia en la sensibilidad del flujo de caja, se encontró que el punto de corte es el mes del año que más horas opera alcanzando un tope máximo de funcionamiento de 4.560,3 hs por año.

Usando la predicción de precios para la serie 2019-2039 se obtiene que tanto la variación de precio del biogás como el de biofertilizante, así sean a tasa constantes a lo largo de la serie bajo estudio, resultan en valores positivos para el VAN. Otra variable que no sensibiliza tanto el resultado del VAN, es la capacidad de mano de obra máxima que puede albergar la planta de tratamientos de efluentes llegando a un valor equivalente a 5 personas. En la siguiente Tabla 11 se resumen los datos arrojados por las variables que en mayor medida sensibilizan el valor del VAN.

Tabla 11 : Análisis de riesgo incertidumbre.

ANÁLISIS DE RIESGO INCERTIDUMBRE			
VARIABLES INTERVINIENTES	VALOR USADO	PUNTO DE CORTE	%
BIOGAS PRODUCIDO (m³/día)	677,55	546,29	-19%
CANTIDAD EMPLEADOS	3	5	66%
FUNCIONAMIENTO CALDERA hs/año	3.385,5	4.560,3	35%

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En términos empíricos se pudo comprobar que los beneficios derivados del aprovechamiento de los productos, biogás y biofertilizante, compensan el incremento de costos de los tratamientos cuando son valorados económicamente. Muestran un beneficio con alta posibilidad de apropiación por parte del productor, que hasta el momento considera al efluente como un problema. Es interesante destacar las implicancias de esta investigación para el diseño sustentable de una política estratégica para muchos productores agropecuarios y para una posterior transferencia tecnológica. Una política sustentable que induzca a los productores a incorporar tecnologías de aprovechamiento de efluentes les permitirá mejorar la posibilidad económica de adoptar y minimizar aún más el daño ambiental. El aprovechamiento de los efluentes se constituye, en este caso, prácticamente en un negocio independiente de la producción de carne de cerdo, ya que su viabilidad económica privada no induciría a mayores costos en la producción ganadera.

Cabe destacar la variabilidad de los parámetros para los diseños técnicos que sustancialmente marcan la necesidad de calibrarlos a las condiciones locales de tratamiento de efluentes, por lo que se recomienda realizar una planta piloto para obtener datos específicos para la zona de producción y para el tipo de sistema. El diseño del biodigestor, la capacidad de almacenamiento de biogás y el aprovechamiento de energía varían drásticamente considerando los diferentes parámetros que mencionan diferentes autores y modifican significativamente las dimensiones de las inversiones y podrían afectar la viabilidad técnica y económica. Este es un aspecto muy importante para la agenda de innovación tecnológica de la región que debería desarrollar las tecnologías de tratamiento y aprovechamiento de efluentes ganaderos para las condiciones locales y así poder tener más certeza en los parámetros evaluados.

Se concluye que la alternativa de 19 días es la que mejor reúne las características de viabilidad económica y técnica, siguiendo en una segunda opción la alternativa de 10 días que por su acotado tiempo de retención no permite el mejor aprovechamiento del efluente para la producción de biogás y por consiguiente permitiría obtener un biofertilizante menos estabilizado. Para el caso de la alternativa de 35 días, la producción de biogás no logra compensar los costos de inversión, pero si se transformaría en una alternativa rentable considerando un 4% de costo de oportunidad.

Por lo expuesto se considera que el Estado nacional y provincial tiene en el sistema de innovación tecnológica un aliado estratégico para desarrollar la política ganadera y ofrecerle a los productores agropecuarios, profesionales y extensionistas, alternativas tecnológicas para controlar la externalidad ambiental y al mismo tiempo mejorar la economía de la producción. En síntesis, una política que induce el aprovechamiento de residuos redundará en mejoras para el productor y para la sociedad.

Por último, las alternativas que se desarrollaron para productores representativos del sur de Córdoba, resultan extrapolables a otros sistemas productivos de la región, teniendo en cuenta las diferentes variables a las que está sujeto cada caso, las que deberán ser analizadas e investigadas en cada caso para su puesta en marcha.

BIBLIOGRAFÍA

AACREA. 2018. Serie de precios agropecuarios.

BEYLI M. E.; BRUNORI, J.; CAMPAGNA, D.; COTTURA, G.; CRESPO, D.; DENEGRI, D.;
DUCOMMUN, M. L.; FANER, C.; FIGUEROA, M. E.; FRANCO, R.; GIOVANNINI, F.;
GOENAGA, P.; LOMELLO, V.;

LLOVERAS, M.; MILLARES, P.; ODETTO, S.; PANICHELLI, D.; PIETRANTONIO, J.;
RODRIGUEZ FAZZONE, M.; SUAREZ, R.; SPINER, N. Y ZIELINSKY, G. 2012. *Manual de
Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar*.
Buenos Aires, Argentina.

CHIDIAK, M.; y STANLEY L. 2009. *"Tablero de comando" para promoción de
biocombustibles en Argentina*. CEPAL - Naciones Unidas, Santiago, Chile.

DECRETO N° 2.131/00, Reglamentario del Capítulo IX "Del Impacto Ambiental" de la Ley
7.343, B.O. del 3 de Noviembre de 2000.

EMBRAPA. 2006. *Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos*. 1ª ed.
Concórdia, Brasil.

GIESY, R.; A. C. WILKIE; A. DE VRIES; R. A. NORDSTEDT. 2009. *Economic Feasibility of
Anaerobic Digestion to Produce Electricity on Florida Dairy Farms*. En:
<https://edis.ifas.ufl.edu/an159>.

GONZALEZ IRUSTA, G. 2011. *Planificación y evaluación económica, financiera y de
impacto ambiental de la instalación de un biodigestor en un criadero de cerdos*. Tesis Final de
Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto,
Córdoba, Argentina.

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO.
2008. "Informe de síntesis" en Ginebra, Suiza.

GROPELLI E. S. Y GIAMPAOLI O. A. 2001. *El camino de la biodigestión. Ambiente y
tecnología socialmente apropiada*. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

HARRIS, P. 2008. *Biogas Notes*. AFEST, Universidad de Adelaide y IOBB.

HARRIS, P. 2009. *Modelo para el diseño de un biodigestor*. En: <https://www.adelaide.edu.au/biogas/>.

HARRIS, P. 2012. DigiCalc, Universidad de Adelaide. En: <http://biogas.wikispaces.com/>.

HERRERO, M. y GIL, S. 2008. *Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal*. En: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300003.

LEY NACIONAL N° 25.675, de Política Ambiental Nacional, B.O. del 27 de Noviembre de 2002.

LEY NACIONAL N° 26.093, de Biocombustibles, B.O. del 12 de Mayo de 2006.

LEY PROVINCIAL N° 9.306, de Regulación de los Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA), Provincia de Córdoba, B.O. del 25 de Agosto de 2006.

LEY PROVINCIAL N° 7.343, de Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente, Provincia de Córdoba, B.O. del 27 de Septiembre de 1985.

LEY PROVINCIAL N° 10.280, de Política Ambiental Provincial, Provincia de Córdoba, B.O. del 20 Julio de 2015.

PAPES, H. 2011. *Diseño y evaluación económica y ambiental de alternativas tecnológicas para el manejo de efluentes de tambo*. Tesis Final de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

PEC (Protocolo Específico de Cooperación). 2009. *Diagnóstico y Propuesta de Desarrollo Lácteo de San Basilio*. Municipalidad de San Basilio - Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

ROURA, H. y CEPEDA H. 1999. *Manual de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Rural*. ILPES. Publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.

SAPAG CHAIN, N. y R. SAPAG CHAIN. 2003. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 4ta ed. McGraw-Hill/Interamericana Editores, Méjico D.F., Méjico.

SECRETARIA DE AMBIENTE – MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTOS – GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA. 2010. En:

http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar///legislaciones_recursos_naturales.htm.

SOSA, N.; GAMBAUDO, S.; LUIS, M. Y CENCIG, G. 2015. En: FERICERDO. *Evaluación de efluentes porcinos en la producción de maíz*. Área de Mecanización Agrícola, INTA EEA Manfredi. Córdoba, Argentina.

SUÁREZ, R., LOMELLO, V. y GIOVANNINI, F. 2007. *Material de Lectura Curso Administración Rural, Módulo II*. Fac. de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto.

TAVERNA, M.; CHARLÓN V.; PANIGATTI C.; CASTILLO A.; SERRANO P. Y GIORDANO J. 2004. *Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño “una contribución al logro de ambientes locales sanos*. EEA Rafaela del INTA, UTN Delegación Rafaela, AER Brandsen del INTA. INTA EEA Rafaela, Santa Fe, Argentina.

UNCUYO, Instituto de Energía - Programa de Biogás. *Biodigestor: Manual de uso*. En: www.imd.uncu.edu.ar. Mendoza, Argentina.

VICARI, M. P. 2012. *Efluentes en producción porcina en Argentina: Generación, impacto ambiental y posibles tratamientos*. Trabajo Final de Grado. Fac. de Cs. Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efluentes-produccion-porcina-argentina.pdf>.

YIRIDOE, E.; R. GORDÓN; B. BROWN. 2009. *Nonmarket cobenefits and economic feasibility of on-farm biogas energy production*. En: <http://www.elsevier.com/locate/enpol>

ANEXOS

Videos relacionados

- Fericerdo 2011, nota a Patricia Millares, Coordinadora Area Porcina Ministerios Agricultura. <https://www.youtube.com/watch?v=gbY3PPOLK1s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=2hdGDqFdYF4>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3eX9k4ZyqCI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=qnau04At-xg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3dyWYP6EBZ8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3FriQltkf7c>
- https://www.youtube.com/watch?v=C_qXo_7L0mM
- <http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8139/1982?>
- <http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8006/85>