

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

Trabajo Final presentado
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

**PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA,
FINANCIERA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA
INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR EN UN
CRIADERO DE CERDOS**

**Guadalupe I. González Irusta
DNI: 29.833.730**

Director: Ing. Agr. MSc. Alcides J. Ricotto

**Río Cuarto – Córdoba
Diciembre de 2011**

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: PLANIFICACIÓN Y
EVALUACIÓN ECONÓMICA, FINANCIERA Y DE
IMPACTO AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN DE UN
BIODIGESTOR EN UN CRIADERO DE CERDOS

Autor: Guadalupe I. González Irusta

DNI: 29.833.730

Director: Ing. Agr. MSc. Alcides J. Ricotto

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

Ing. Agr. Víctor Becerra

Ing. Agr. Viviana Lomello

Ing. Agr. Alcides Ricotto

Fecha de Presentación: ____/____/____.

.....
Secretario Académico

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a papá.

AGRADECIMIENTOS

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

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, Alcides Ricotto, Claudio Sarmiento, familia Castaldi, Jorge De Prada, Virginia Ghiglione, Viviana Petrazzini, Eugenia Roldán y Martín Medina.

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

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
MARCO CONCEPTUAL	13
Proyecto de Inversión	13
Legislación Ambiental	24
El proceso de la Biodigestión, Biogás y Biodigestores	25
Los desechos fecales porcinos	33
EL CASO EN ESTUDIO	35
El establecimiento destinatario del proyecto	35
Instalaciones	35
Situación productiva	35
El manejo actual de los efluentes porcinos	36
PROYECTO DE INVERSIÓN	37
Estudio de los Beneficiarios	37
Aspectos Técnicos	38
Localización	38
Tamaño	38
Ingeniería	40
Evaluación Económica y Financiera	46
Evaluación de Impacto Ambiental	52
CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	72

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro 1. Composición del biogás	30
Cuadro 2. Equivalencias de poder calorífico con otros combustibles factibles de sustituir por biogás.....	30
Cuadro 3. Cantidad de C, N y relación C/N de las excretas porcinas en comparación con otras materias primas utilizadas en la producción de biogás	33
Cuadro 4. Rendimiento de biogás, contenido de ST y SV de las excretas porcinas en comparación con otros desechos orgánicos	34
Cuadro 5. Producción de efluentes porcinos por categoría de animales	39
Cuadro 6. Relación entre temperatura de sustrato y tiempo de permanencia en el biodigestor	40
Cuadro 7. Consumo mensual de gas butano y su equivalencia en biogás	44
Cuadro 8. Producción mensual de biogas, demanda para calefacción y remanente	45
Cuadro 9. Cálculo de días y horas de trabajo posible del motogenerador	45
Cuadro 10. Inversiones	47
Cuadro 11. Costos anuales generados por el proyecto	47
Cuadro 12. Ingresos anuales generados por el proyecto	48
Cuadro 13. Flujo de fondos incremental generados por el proyecto	49
Cuadro 14. Resumen de las características de los créditos disponibles	50
Cuadro 15. Flujo de fondos incremental generados por el proyecto con la adopción de crédito Banco Credicoop Coop. Ltda.	51
Cuadro 16. Flujo de fondos incremental generados por el proyecto con la adopción de crédito Banco de la Nación Argentina	51
Cuadro 17. Flujo de fondos incremental generados por el proyecto con la adopción de crédito FONTAR-Bancos adheridos	52
Cuadro 18. Acciones del proyecto	53
Cuadro 19. Identificación de factores	54
Cuadro 20. Matriz de identificación de efectos	55

Cuadro 21. Descripción de los efectos del proyecto	58
Cuadro 22. Caracterización de los efectos del proyecto	62
Cuadro 23. Valoración cualitativa de los impactos del proyecto	66
Figura 1. Esquema del biodigestor tipo Hindú	78
Figura 2. Esquema del biodigestor tipo Chino	78
Figura 3. Esquema del biodigestor de desplazamiento horizontal	78
Figura 4. Foto satelital del establecimiento	79

RESUMEN

En el contexto actual de degradación ambiental y crisis energética, emerge la necesidad de repensar las relaciones entre las actividades productivas y el medio ambiente. Los cambios en la producción porcina, en especial la intensificación que han sufrido los sistemas de producción en los últimos veinte años, agudiza el impacto negativo que los residuos de su actividad tienen sobre el ambiente. La contaminación producida por los efluentes porcinos y la legislación ambiental vigente, generan la necesidad de su tratamiento. Por ello, se realizó la planificación y evaluación económica, financiera y de impacto ambiental de un proyecto de inversión en la instalación de un biodigestor para el tratamiento de los efluentes de un establecimiento de producción porcina del sur de Córdoba. Se diseñó la construcción de una planta de biodigestión capaz de convertir 15 m³ de efluentes diarios en 405 m³ de biogás y 14,7 m³ de biofertilizante. La aplicación de esta tecnología es económicamente viable, permite reducir los costos de producción mediante la sustitución de energías no renovables como el gas y la energía eléctrica por biogás, aumenta los beneficios través del incremento en el rendimiento del cultivo de soja por acción del biofertilizante y puede ser financiada a través de líneas de créditos generales de instituciones públicas y privadas. La construcción y funcionamiento del biodigestor tiene impactos positivos sobre el medio ambiente local por la reducción en la emisión de metano y olores, la mejora de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo resultante de la aplicación de biofertilizante, y el reemplazo de energías no renovables por biogás. Este trabajo constituye una aproximación a la búsqueda de soluciones a los efectos ambientales generados por las producciones animales intensivas en el Sur de Córdoba, es necesario seguir profundizando los estudios para llegar a propuestas más generales y de fácil adopción.

Palabras clave: Medio ambiente; efluentes porcinos; proyecto de inversión; biogás; evaluación económica, financiera y de impacto ambiental.

SUMMARY

FINANCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND PLANNING FOR THE INSTALLATION OF A BIODIGESTER ON A PIG FARM

In the current context of environmental degradation and energetic crisis, it raises the need to rethink the relationships between the environment and the productive activities. Changes in the pig production, specially the intensification that have suffered the production systems in the last twenty years, accentuate the negative impact of the waste derived from the activity on the environment. The contamination produced by swine effluents and the environmental legislation currently in force create the need for its treatment. That is why the financial, economic and environmental impact assessment and planning of an investment project for the installation of a biodigester were carried out to provide treatment for the effluents of a pig farm in the south of Córdoba. The construction of a biodigester plant was designed, with the capability of converting 15m³ of effluents into 405 m³ of biogas and 14.7 m³ of bio-fertilizer a day. The application of this technology is economically viable; it allows reducing the cost of production through the substitution of non-renewable energies, such as gas and electricity with biogas; it increases the benefits through an increase in soybean yields by action of bio-fertilizer; and it can be financed through general credit lines available in public and private institutions. The construction and operation of the biodigester have a positive impact on the local environment due to the reduction of methane emissions and odors, the improvement of the physicochemical and microbiologic conditions of the soil resulting from the use of bio-fertilizer, and the replacement of non-renewable energy with biogas. This paper constitutes an approximation to the search of solutions for the environmental effects generated by the intensive production of animals in the south of Córdoba. It is necessary to go deeper into studies in order to reach more general and easier-to-achieve proposals.

Key words: Environment; swine effluents; investment project, biogas; economic, financial and environmental impact assessment.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas surge una fuerte discusión sobre la cuestión “medio ambiental”, término de una gran riqueza simbólica y con capacidad para provocar movilidad social. Es a partir de esta discusión que se han generado cambios de una magnitud y un alcance que nunca se habían producido (Jollivet, 1994). Estos cambios se expresan en distintas esferas de la sociedad, en el mercado, valorizando productos que poseen certificados de producción agroecológica, en el Estado a partir de la aprobación de normas y leyes que regulan y/o incentivan producciones que no degraden el medioambiente, en la propia opinión pública que progresivamente adhiere a los planteos de producción menos agresivas hacia el ambiente.

En este contexto de toma de conciencia sobre degradación de los recursos ambientales y crisis energética emerge la necesidad de repensar las relaciones entre las actividades antrópicas y el medio ambiente.

En este sentido consideramos fundamental modificar la manera en que se lleva adelante la producción en todas las esferas de la economía, migrando hacia modelos productivos que no comprometen la sustentabilidad del medio ambiente. Es necesario tener conciencia de que para lograr una transición hacia un estado de mejora ambiental, es preciso alejarse de concepciones que otorgan al medio ambiente sólo un valor instrumental de proveedor de satisfactores de necesidades humanas y considerar que posee un valor en sí mismo.

Al igual que lo ocurrido en la década del 70' en el continente europeo, en nuestro país los modelos productivos, especialmente los de producción animal, han sufrido un acelerado proceso de intensificación agregando mayor presión sobre los recursos naturales.

Según Pappoto (2006), hasta 1990 la producción de cerdos en Argentina era realizada como actividad secundaria dentro de la explotación agropecuaria mixta, principalmente por pequeños productores localizados en zonas donde el cultivo de maíz era preponderante. El mercado del porcino en la Argentina se caracterizaba por ser errático e inconstante, a través de la frecuente entrada y salida de operadores de todos los niveles. Esto se reflejaba en ciclos marcados en cuanto a precios y volúmenes comercializados. Estos ciclos actuaban como factor desalentador para la producción, impedían la realización de inversiones a largo plazo en la actividad y el logro de un progresivo aumento tecnológico.

La década del noventa se caracterizó por la incorporación tecnológica, de la mano de inversiones principalmente en Granjas de alta productividad y, por otro lado, por la de escasa o nula rentabilidad, afectada por el tipo de cambio fijo y la fuerte competencia de carne porcina y subproductos provenientes desde el exterior, principalmente de Brasil. Esto obligó

a los productores a manejar conceptos como eficiencia, calidad y competitividad. La incorporación de genética de alto rendimiento, la formulación de raciones equilibradas, la intensificación de los sistemas productivos, el lograr índices de productividad acordes a los países más desarrollados en este tipo de producción, pasaron a ser objetivos a alcanzar para la mayoría de los productores. En este contexto, muchos pequeños y medianos productores abandonaron la actividad.

La salida de la convertibilidad monetaria en 2002 le abrió nuevas perspectivas al sector porcino de Argentina. El encarecimiento de las importaciones se tradujo en un incremento del precio del cerdo en el mercado interno, lo cuál contribuyó a una mejora sustancial en la rentabilidad de la actividad primaria. En la actualidad la actividad atraviesa una de las etapas más favorables y cuenta con costos de producción inferiores a los principales países productores. Esto se ha traducido en un incremento de la producción llegando a niveles cercanos al autoabastecimiento y con una tendencia creciente de sustitución de importaciones. Los datos oficiales muestran que, en el período 2003-2005, se ha registrado un crecimiento de la faena nacional y de la producción del 36%; un descenso de las importaciones del 41% y una recuperación del consumo interno del 17%.

Según el Boletín de Información Porcina 2010 emitido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, la faena de porcinos correspondiente a ese año fue de 3.226.525 cabezas, la producción de carne porcina de 281.250 toneladas y el consumo de carne porcina per cápita de 8,12 kilos/hab./año. En confinamiento hay aproximadamente una tercera parte del total de cerdas madres, que producen un 75% de los capones que se faenan. El resto, un 25% de la producción, es engordado a campo (CFI, 2007; INTA, 2004, *apud* Moreno, 2011).

Los cambios productivos en el sector porcino agudizan el impacto negativo que los residuos de su actividad tienen sobre el ambiente. Los criaderos de cerdos generan gran cantidad de desechos con alta concentración de materia orgánica, nutrientes, elementos traza y variedad de agentes patógenos que de no ser tratados causan graves problemas ambientales (Venglovsky *et al.*, 2005, *apud* Kotsopoulou *et al.*, 2007).

Frente a esta situación, en el año 2006, la Provincia de Córdoba dictó la Ley 9306 que en su artículo 15 exige a los establecimientos con Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA) tener un sistema de tratamiento permanente de las excretas a través de biodigestores, plantas de tratamiento de líquidos residuales u otros alternativos aprobados o sugeridos por la Autoridad de Aplicación, a fin de evitar todo escurrimiento o vuelco directo a las cuencas, contemplando su disposición final (Legislatura de la Provincia de Córdoba, 2006).

Las propuestas de tratamiento de efluentes para sistemas intensivos de producción animal poseen un valor positivo en sí mismas, ya que mitigan los efectos negativos sobre el

medio ambiente, y, al mismo tiempo, constituyen grandes inversiones que deben ser estudiadas cuidadosamente puesto que pueden poner en riesgo la viabilidad económica de todo el sistema productivo.

En este sentido, cobra relevancia la formulación y evaluación de un proyecto de inversión que determine la viabilidad económica de una tecnología para el tratamiento y reutilización de efluentes y un estudio de impacto ambiental que prediga los efectos de su construcción y puesta en funcionamiento.

Considerando las premisas anteriores es que se estudia la conveniencia de la adopción de una tecnología socialmente apropiada para el tratamiento a los efluentes de un establecimiento de producción porcina, como una alternativa que posibilita adecuar el sistema productivo a las normativas vigentes, disminuir los efectos negativos sobre el medio ambiente, valorizar un residuo de la producción y, de esa manera, contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las personas.

Este trabajo tiene como objetivo principal elaborar y evaluar una propuesta técnica para el tratamiento de los efluentes de un criadero de cerdos de 250 madres ubicado en la localidad de Las Vertientes, Provincia de Córdoba, mediante la instalación de un biodigestor. Más específicamente, se propone: - Diseñar la propuesta técnica para la instalación de una planta de biodigestión para el tratamiento de los efluentes producidos por el criadero; - Determinar la viabilidad económica del proyecto; - Relevar y evaluar las ofertas de financiamiento público, genéricas y específicas, para este tipo de proyecto.

Además de esta introducción, el texto cuenta con cuatro capítulos. En el primer apartado se hace una reseña bibliográfica sobre proyectos de inversión, la normativa más relevante en materia ambiental nacional y provincial, y la biodigestión y sus productos. En el capítulo siguiente, se presenta y describe brevemente el caso del establecimiento de producción porcina en estudio, destinatario de este proyecto de inversión. A continuación se desarrolla el proyecto de inversión de la instalación de un biodigestor para el tratamiento de los efluentes porcinos del establecimiento en estudio, con su evaluación económica, financiera y de impacto ambiental y las ofertas de financiamiento vigentes. Por último, las conclusiones del trabajo.

MARCO CONCEPTUAL

1. Proyecto de Inversión

Un proyecto 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 (Roura y Cepeda, 1999). No es ni más ni menos, que la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantas, una necesidad humana. (Sapag Chain y Sapag Chain, 2003).

1.1 Características de los proyectos de inversión

Poseen una unidad de mando, responsable de la ejecución del proyecto.

Representan un quiebre con respecto a la situación original, a partir de la definición de un proyecto, se plantean dos futuros posibles: una situación con proyecto, que es el estado de cosas futuro que sucedería si el proyecto se llevara a cabo; y una situación sin proyecto, que refleja lo que sucedería si el proyecto no se hiciera. Esto permite al decisor establecer con claridad qué costos y beneficios son atribuibles al proyecto, y cuáles aparecerían de todas formas aunque el proyecto no se llevara a cabo. De esta manera, puede tomar una decisión más informada y aumentar la probabilidad de lograr los objetivos planteados.

Tienen objetivos concretos y determinados, que son definidos como una situación futura deseada por el impulsor del proyecto. Esto permite focalizar las acciones, organizarlas mejor y, en última instancia, ahorrar recursos.

Tienen un horizonte de tiempo definido y acotado. Todo proyecto se define para un cierto horizonte de tiempo, en el cual se supone que pueden alcanzarse los objetivos deseados. Esto favorece la evaluación, tanto *ex-ante* como *ex-post*, al dar un comienzo y un fin definidos, permite establecer si hay retrasos en la ejecución, facilitando la identificación de sus causas y corregirlas.

Se componen de un conjunto de actividades bien definidas. En la etapa de formulación del proyecto, se establecen con claridad cuáles son las actividades que deben llevarse a cabo para obtener los resultados deseados. Si bien durante la ejecución del proyecto pueden realizarse cambios que se aparten del plan original, en un proyecto bien formulado y evaluado, esos cambios deberían ser mínimos.

Puede estimarse cuáles serán los requerimientos de recursos (costos) del proyecto. Esto facilita la evaluación y la decisión, al permitir la comparación con los beneficios del mismo y la estimación de su conveniencia.

Incentivan la separabilidad en subproyectos. El propio proceso de análisis, y la aplicación del enfoque costo-beneficio, lleva a separar naturalmente los distintos subproyectos, permitiendo que se haga sólo aquellos efectivamente rentables.

Estas características permiten que cada proyecto pueda ser:

Formulado de manera metódica y cuidadosa; esto es, que se pueda definir cuál es el problema que lo justifica, el objetivo del proyecto, cómo lo va a lograr, y qué costos y beneficios genera.

Evaluado según criterios objetivos, a fin de conocer si será capaz de solucionar el problema que lo origina (evaluación *ex-ante*) o si ha alcanzado los resultados previstos (evaluación *ex-post*). La evaluación acerca de la conveniencia de ejecutar o no el proyecto surge, como mencionamos, de la comparación de la situación con proyecto y la situación sin proyecto.

Ejecutado de manera eficiente, pues todas las acciones y sus resultados están previstas desde la formulación del proyecto, y las desviaciones pueden analizarse.

De esta manera, al utilizar un proyecto claramente definido se facilita la toma de decisiones y se puede encarar con menor riesgo o con un riesgo acotado- la resolución de problemas o el aprovechamiento de oportunidades. En efecto, el decisor (que suele ser alguien distinto al analista) cuenta con una visión clara de los beneficios y costos asociados a cada una de las alternativas entre las que debe decidir: hacer o no hacer el proyecto; elegir entre tales o cuales proyectos, etc. Esto permite ahorrar recursos, pues sólo se ejecutan aquellos proyectos que resultan convenientes. (Roura y Cepeda, 1999).

1.2. Ciclo de vida de los proyectos

El “ciclo de vida” es el proceso por el que atraviesa un proyecto desde que se estudia su conveniencia hasta que está operando. Se compone de tres etapas: *preinversión*, *inversión* y *operación*:

En la *preinversión*, el proyecto es formulado y evaluado, mientras atraviesa por cinco subetapas: idea, perfil, prefactibilidad, factibilidad y negociación. Las subetapas se diferencian entre sí por el grado de desarrollo del estudio del proyecto y por los requisitos de información y de detalle de los estudios (requisitos crecientes a medida que se pasa de una subetapa a la otra). La subetapa de negociación refleja el momento en que el impulsor principal del proyecto busca socios y financistas, y/o negocia con los beneficiarios los aspectos del proyecto.

La etapa de *inversión* es aquella en la que el proyecto, ya con una forma definida y su conveniencia evaluada, es llevado a cabo (si conviene). En esta etapa, se ejecuta la implementación del mismo, que en muchos casos implica una construcción. Comparte con la etapa de preinversión un aspecto de negociación entre los diferentes actores involucrados, indispensable para poner en marcha el proyecto. Aquí se termina de definir, por ejemplo, la estructura de financiamiento del mismo.

En la etapa de *operación*, el proyecto entra en actividad durante el horizonte previsto.

En cualquiera de las etapas y de las subetapas reseñadas, la evaluación del proyecto significa tener que decidir entre tres cursos de acción: rechazo, demora o aceptación. Si el proyecto no resulta conveniente, de acuerdo al análisis realizado con la información disponible en esa subetapa, debe optarse por no continuar con su estudio, ejecución u operación. Si el proyecto muestra ventajas, pero se estima que su conveniencia aumentará si se estudia, ejecuta u opera más adelante, se debe tomar la alternativa de demorar su paso a la siguiente subetapa. Si el proyecto resulta conveniente, de acuerdo a la información disponible, se puede pasar a la siguiente subetapa de análisis o comenzar su ejecución u operación.

El ciclo de vida del proyecto puede ser considerado como un proceso de “compra de certidumbre”. Esto significa que el pasaje de una etapa a la siguiente, y en particular de cada subetapa de la preinversión a la que le sigue, está dado no sólo por la bondad del proyecto sino también porque los beneficios de un estudio más profundo -que permitiría reducir la incertidumbre- superan a los costos del mismo. Una preinversión bien hecha ayuda a reducir ese riesgo.

1.3. Proyecto de Inversión Agropecuaria

Un Proyecto de Inversión Agropecuaria es un conjunto coherente de actividades o medidas que han de ejecutarse en un plazo y lugar geográfico definido, con objeto de crear, aumentar o mejorar la capacidad productiva, acrecentar la producción y los beneficios de los productores agropecuarios.

La actividad rural es, desde el punto de vista económico, estructuralmente similar a otras actividades productivas. Su ciclo se compone de tres etapas: producción, distribución y venta; y su objetivo principal es obtener una rentabilidad a partir de generar ingresos superiores a sus costos. Sin embargo, tiene también características diferenciales que justifican un tratamiento específico (Austin, 1992 y AACREA, 1998, *apud* Roura y Cepeda, 1999).

Producción de seres vivos: A diferencia de otras actividades los productos de la actividad agropecuaria son seres vivos, ya sea plantas o animales. Tratar con seres vivos, imprime al ciclo productivo algunas características especiales; en particular, el hecho de que debe aceptar el ciclo de desarrollo de esos seres, con poco margen para su modificación: una vaca tiene un período de gestación de nueve meses que no puede ser modificado; el trigo tarda seis meses en crecer, y no hay posibilidad de acelerar significativamente su desarrollo. Si bien es cierto que determinados procesos pueden ser modificados por el hombre (mejora genética de los rodeos o las plantas, variedades más resistentes a las enfermedades, técnicas

de engorde de ganado que hacen ganar peso en menos tiempo, cultivos o rodeos secuenciales), la naturaleza coloca límites que difícilmente puedan modificarse de manera radical.

Estacionalidad: Las plantas y animales que son objeto de la actividad agropecuaria tienen un ciclo de vida al que la actividad debe adaptarse. Eso provoca que la producción no se realice de manera homogénea a lo largo del año, sino que haya un período de cultivo / cría, y un período de cosecha. La estacionalidad influye en todas las etapas de la actividad agropecuaria, desde la producción hasta la venta, y aún fuera de la misma imprime características especiales a los temas vinculados (por ejemplo, el financiamiento). En el caso de cultivos “industrializados” esta dependencia se elimina; sin embargo, cuanto menos sofisticado sea el manejo de la actividad, mayor será la influencia de la estacionalidad.

Dependencia de variables no controlables por el productor: La actividad agrícola está sujeta a numerosas variables, no todas controladas por el productor. Así, el clima, la disponibilidad de agua, las pestes y enfermedades, los desastres naturales, entre otras, son variables que tienen incidencia directa en la viabilidad y rentabilidad de la actividad agropecuaria, pero cuyo control por parte del productor puede ser costoso, aleatorio o difícil. Nuevamente, la tecnología y el manejo más sofisticado de los campos permiten reducir esta dependencia.

Dependencia de la localización: En muchas actividades, la localización es una variable importante, pero en la actividad agropecuaria es crítica: el tipo de bien a producir depende del lugar donde se encuentre el establecimiento. No puede cultivarse trigo en el bosque lluvioso, ni criarse ganado vacuno en la alta montaña. Valen aquí similares reflexiones a las hechas respecto a las variables no controlables por el productor: la restricción de las condiciones locales apropiadas puede flexibilizarse, pero nunca eliminarse por completo.

Perecibilidad: Muchos de los insumos y de los productos de esta actividad tienen una vida útil relativamente corta. Esto significa que los aspectos de conservación y extensión de esa vida útil (cadena de frío, conservantes químicos, almacenamiento adecuado, cuidado de los animales y de sus productos una vez obtenidos, etc.) y, alternativamente, de transporte y distribución al mercado, son críticos. También aquí el impacto de esta característica puede minimizarse, pero ello supone un costo.

Productos base para la alimentación y salud de la población humana: Los productos de esta actividad constituyen la materia prima de las industrias alimenticia; textil; farmacéutica y bioquímica; papelera, etc., cuyas manufacturas son destinadas al consumo humano, y por ello están sujetos a controles políticos, económicos, ambientales, sanitarios.

Estas características, permiten afirmar que la actividad rural es básicamente una actividad de riesgo: el resultado de la misma (los bienes que produce) es variable en función

de elementos que el productor no controla o controla sólo en parte. Esto genera una justificación básica a los proyectos de desarrollo rural, tanto los emprendidos por el Estado como los realizados por productores privados: disminuir el riesgo de la actividad. Genera también una exigencia metodológica: introducir en el análisis del proyecto el componente de riesgo.

1.4. Ciclo de vida de los Proyectos de Inversión Agropecuaria

La producción agropecuaria es una actividad con fuerte influencia estacional y cíclica. El ciclo de vida del proyecto debe adaptarse a la estacionalidad propia de la agricultura y de la ganadería. Las decisiones de inversión se toman con mucha anticipación, y una vez tomadas difícilmente pueden volverse atrás. Esto es, cuando un agricultor decide que cultivará trigo, o maíz, o lo que fuera, pone en marcha un proceso que no puede detenerse hasta meses más tarde, aunque las condiciones del mercado hayan variado. Esto provoca que haya ciclos de exceso de demanda y de exceso de oferta: la primera situación genera un alza de precios, hace rentables las inversiones y lleva a aumentar la oferta; al mismo tiempo, el alza de precios restringe la demanda. En consecuencia, cuando entran en maduración los proyectos evaluados y ejecutados durante el ciclo de precios altos se produce un crecimiento de la oferta que eventualmente lleva a un exceso de la misma y a una baja de precios, la que a su vez incentiva la demanda y repite el proceso. El mismo es más acentuado cuanto más reducido en extensión o menos abierto es el mercado, y cuantos menos instrumentos de estabilización existan.

1.5. Contenido de los Proyectos de Inversión Agropecuaria

1.5.1. 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 aquellos 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).

Quienes se dedican a actividades agropecuarias en un área rural pueden clasificarse según tres variables principales, referentes a la explotación: i) la *propiedad*, ii) el *tamaño* y iii) la *orientación* con que encarar la misma.

Respecto a la propiedad, podemos distinguir entre i) aquellos productores que son propietarios de la tierra que trabajan, y ii) aquellos que no lo son. En relación al tamaño, los productores pueden clasificarse en i) grandes, ii) medianos y iii) pequeños. El tamaño se mide en términos de la producción obtenida.

Finalmente, con respecto a la orientación, la explotación puede ser encarada de tres maneras: i) orientada al mercado externo), ii) orientada al mercado interno o iii) para autosubsistencia.

Puede profundizarse la caracterización agregando otras variables: tipo de organización, objetivo de la explotación, producto principal, tecnología, capacidad de innovación tecnológica, capital invertido, y productividad.

Aspectos socioculturales de los beneficiarios a tener en cuenta en el estudio:

La unidad de decisión. El típico decisor en la actividad agro-ganadera es el productor individual. Como productor individual se incluye también a las empresas, cuyo proceso de toma de decisiones puede ser complejo pero que finalmente se convierte en la expresión de una única voluntad. Existen otras unidades decisoras no unipersonales como lo son las cooperativas donde en la decisión gravita la posición mayoritaria del consejo de administración.

Los objetivos y la función de la explotación. Se supone en general que el objetivo de la explotación agropecuaria es obtener una rentabilidad apropiada al riesgo que se incurre. Este objetivo, sin embargo, no necesariamente es universal, al menos en esa forma. A esto podemos agregar que en los casos de productores pequeños, con o sin tierra, lo que se privilegia en primer lugar es la seguridad alimentaria. Adicionalmente, la familia rural suele tener ingresos que provienen de distintas fuentes, algunas de ellas fuera del campo, en consecuencia, lo que a veces se intenta maximizar es el ingreso por todas las actividades y no en particular la agrícola. La formulación del proyecto debe tener en cuenta la multiplicidad de objetivos y la posible prevalencia de metas diferentes a la de obtener una máxima rentabilidad, ya que la viabilidad del proyecto depende de ello.

1.5.2. 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 secundarios); 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.

Los aspectos que deben considerarse en un estudio de mercado son:

El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas. El análisis del consumidor tiene por objeto caracterizar a los consumidores actuales y potenciales, identificando sus preferencias, hábitos de consumo, motivaciones, etc., para obtener un perfil sobre el que pueda basarse la estrategia comercial.

El análisis de demanda pretende cuantificar el volumen de bienes o servicios que el consumidor podría adquirir de la producción del proyecto. La demanda se asocia a distintos niveles de precio y condiciones de venta, y se proyecta en el tiempo, diferenciando claramente la demanda deseada de la esperada.

La competencia y las ofertas del mercado del proyecto, actuales y proyectadas. Es preciso conocer las estrategias que sigue la competencia para aprovechar sus ventajas y evitar sus desventajas, a la vez que se constituye en una buena fuente de información para calcular las posibilidades de captarle mercado y también para el cálculo de los costos probables involucrados.

La determinación de la oferta suele ser compleja, por cuanto no siempre es posible visualizar todas las alternativas de sustitución del producto del proyecto o la potencialidad real de la ampliación de la oferta, al desconocer la capacidad instalada ociosa de la competencia o sus planes de expansión a nuevos proyectos en curso.

Comercialización del producto o servicio generado por el proyecto. Es uno de los factores más difíciles de precisar, puesto que la simulación de sus estrategias se enfrenta al problema de estimar reacciones y variaciones del medio durante la operación del proyecto. Las decisiones que se tomarán respecto de la estrategia comercial tendrán repercusión directa en la rentabilidad del proyecto, cada una de ellas originará una inversión, un costo o un ingreso de operación que es necesario estudiar para alcanzar las aproximaciones más cercanas a lo que sucederá cuando el proyecto sea implementado.

Los proveedores y la disponibilidad y precio de los insumos, actuales y proyectados. Es necesario estudiar si existe disponibilidad de los insumos requeridos y cuál es el precio que deberá pagarse para garantizar su abastecimiento. La información que se obtenga de los proveedores podrá influir hasta en la selección de la localización del proyecto.

1.5.3. Aspectos técnicos

Según Roura y Cepeda (1999) y Sapag Chain, y Sapag Chain, (2003), 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.

El estudio de la localización del proyecto consiste en determinar el emplazamiento óptimo de éste, considerando óptima a aquella localización que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado), o el mínimo costo unitario (criterio social). Comprende dos etapas, la selección de una macrolocalización y, dentro de ésta, la microlocalización, ambas condicionadas por el resultado del análisis de

factores de localización. Los factores que comúnmente influyen en la decisión de macrolocalización son, al menos, los siguientes: i) geográficos (costos de transporte, disponibilidad de energía, recursos naturales, infraestructura), ii) institucionales (legislación, políticas, presencia de universidades), y iii) sociales (capital humano, costo de vida, actitud de la comunidad). Aquellos que influyen en la decisión de microlocalización son los siguientes: i) transporte (accesibilidad, comunicaciones, distancias), ii) legislación ambiental (ruido, gases, eliminación de desechos), iii) terreno (dimensiones, costos, peligro de incendios, inundaciones, anegamiento), iv) agua (provisión, eliminación de desechos), y v) sociales (comedores, esparcimiento, servicios escolares).

El estudio del tamaño del proyecto tiene como objetivo determinar la capacidad de producción del proyecto, esto es, la cantidad de bienes o servicio que generará el proyecto en condiciones normales de producción, y expresada en un periodo de tiempo anual. La importancia de determinar el tamaño que tendrá el proyecto se manifiesta, principalmente, en su incidencia sobre el nivel de las inversiones y costos que se calculen y, por tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación. La determinación del tamaño está condicionada por el análisis interrelacionado de, al menos, los siguientes factores: i) mercado (estructura, elasticidad, cantidad demandada), ii) disponibilidad de insumos materiales y recursos humanos, iii) tecnología y equipos, iv) capacidad financiera, v) organización y capacidad de gestión, y vi) políticas y legislación.

El estudio de ingeniería del proyecto debe determinar la función de producción óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado. Para ello, deberán analizarse las distintas alternativas y condiciones en que se pueden combinar los factores productivos, identificando, a través de la cuantificación y proyección en el tiempo de los montos de inversiones de capital, costos y los ingresos de operación asociados a cada una de las alternativas de producción. De la selección del proceso productivo óptimo se derivarán las necesidades de equipos y maquinaria. De la determinación de su disposición en planta y el estudio de requerimiento de personal que los operen, podrán definirse las necesidades de espacio y obras físicas. El cálculo de los costos de operación de mano de obra, insumos, reparaciones, mantenimiento y otros, se obtendrá directamente del estudio del proceso productivo seleccionado.

1.5.4. 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.

Los métodos de evaluación económica que se presentan a continuación se basan en la consideración de que el valor del dinero en el tiempo es diferente. Cuando se habla del valor del dinero en el tiempo, es posible pensar en el valor futuro de una cifra disponible en el presente, o en el valor que tendría en el presente una cifra disponible en el futuro.

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. Esta determinación se realiza mediante la utilización de la fórmula básica del interés compuesto. 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. El método se emplea principalmente cuando se desea conocer la rentabilidad de una inversión y comparar la tasa obtenida con la que rige en el mercado o en otra alternativa. 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. También se puede utilizar para establecer un orden de prioridad cuando las inversiones sean no excluyentes y existan restricciones presupuestarias. Si las alternativas son excluyentes la prioridad se establece sobre la base 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. Esta determinación se podrá realizar considerando flujos efectivos con o sin actualización.

Los indicadores mencionados (VAN, TIR y Período de Recupero) también se pueden calcular sobre el flujo de fondos incremental originados por un proyecto, para determinar la magnitud de los beneficios que el mismo genera. El flujo de fondos incremental se determina restando al saldo o beneficio neto con proyecto el saldo sin proyecto del año cero; o bien, determinando los saldos incrementales, sólo considerando aquellos ingresos y egresos que difieren entre situación con y sin proyecto.

En la determinación de ingresos y erogaciones futuras se trabaja con valores constantes, es decir se toman los precios de insumos y productos vigentes en un momento determinado y se utilizan durante todo el período de análisis, sin considerar efectos inflacionarios. Esto porque se trabaja con proyecciones de insumos y productos no

monetarios; y se supone que la inflación en períodos medianos a largos implica un aumento de precio porcentual uniforme en todos los bienes y servicios. Conviene recalcar que el supuesto de trabajar en el tiempo con los precios vigentes o actuales, es sólo válido mientras no se produzcan variaciones relativas en los precios.

No siempre resulta fácil determinar a priori la duración económica de la inversión, ya que ésta depende de factores no siempre controlables. La duración de una inversión en un bien durable dependerá de la calidad del bien, los cuidados que se le prodigan, las condiciones de uso, los avances tecnológicos, las condiciones de mercado, etc. Por ello, la duración se determina en forma arbitraria. En general se recomienda tomar períodos entre 5 y 15 años, ya que en duraciones menores podría suceder que la acumulación de beneficio para ese período no alcance a compensar la inversión inicial, y en duraciones mayores, la inversión se transforme en obsoleta.

Para determinar el costo de oportunidad de los capitales inmovilizados se emplean tasas de interés que se denominan calculatorias, y representan la rentabilidad que se podría obtener con esos capitales en otras opciones de inversión con un riesgo semejante. Si por razones prácticas las tasas calculatorias son tomadas del mercado financiero, éstas deben ser reales y no nominales. Podría pensarse que a lo largo del tiempo que dura la inmovilización de los capitales las rentabilidades que ofrecen otras alternativas son variables, y por ende, lo adecuado sería trabajar con diferentes tasas calculatorias. Sin embargo, en las evaluaciones económicas generalmente se considera una única tasa de interés durante todo el período, ya que en la práctica sería sumamente complicado tomar tasas diferentes.

1.5.5. Organización y Dirección¹

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.

La Dirección es la función más vital de todo el proceso administrativo, que se refiere a lograr que las personas orienten su trabajo con el mayor entusiasmo posible hacia los objetivos de la organización. Las relaciones interpersonales son determinantes para esta función, por lo que ella supone el ejercicio de la motivación, el empleo de estilos y enfoques de liderazgo, el correcto empleo de las comunicaciones, etc. De la capacidad de dirección que tenga el jefe del

¹ Profesor Julio Córdoba. 1989. Notas de clase de la materia Proyectos Agropecuarios, Curso Internacional de Planificación Regional Agropecuaria, Unidad Integrada Balcarce.

proyecto va a depender en gran medida la actitud que adopten sus subordinados y de ésta, el logro de los objetivos del proyecto.

El control es la medición de los verdaderos avances de la organización y de cada uno de sus componentes contrastados con la planeación previa a fin de determinar la ocurrencia de desviaciones y tomar las medidas correctivas que sean del caso. Es una función esencial para asegurar que los desempeños reales se adecuen con los previstos y se alcancen las metas de los planes. En el caso de los proyectos, esta función se conoce más ampliamente con el nombre de Seguimiento y Evaluación y no tiene siempre la connotación homeostática del control, ya que los proyectos son esencialmente sistemas abiertos, cuya planificación debe ser adaptada cuando el entorno registra variaciones no previstas, que son de ocurrencia frecuente.

1.5.6. Coordinación institucional

La formulación de proyectos complejos que asumen las situaciones problema de manera integral, lleva 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. La coordinación institucional establece los mecanismos y los acuerdos para desagregar la estrategia de un plan de inversiones en un conjunto de subproyectos, sean que estén incorporados en un solo plan de operaciones o que estén disgregados, formando parte de diferentes planes operativos correspondientes a diferentes instituciones.

1.5.7. 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.

Según Espinoza (2002) la evaluación de impacto ambiental constituye un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Los objetivos que persigue son los siguientes: i) Hacer explícita inclusión de la dimensión ambiental en la toma de decisiones, ii) anticipar, evitar, minimizar o compensar los posibles impactos ambientales adversos y potenciar los favorables, y iii) sistematizar la información para los tomadores de decisiones sobre el impacto ambiental de los proyectos de inversión (IAIA, 1999).

La identificación de potenciales impactos negativos y positivos, en conjunto con las medidas para manejar eficazmente el deterioro del ambiente son requisitos obligatorios para cualquier decisión en la actualidad. Esta información ayuda a decisiones fundadas de forma que se cause el menor daño posible y aceptable, no se afecte a las personas, no se impongan gastos innecesarios en las actividades y se promueva el desarrollo sostenible en toda acción humana. La evaluación de impacto ambiental es uno de los instrumentos más importantes para incorporar la dimensión ambiental en las decisiones en proyectos de inversión.

La estructura de los estudios de impacto ambiental incluyen los siguientes contenidos (Gómez Orea, 1999): i) descripción del proyecto y sus acciones, ii) examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada, iii) inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves, iv) identificación y valoración de impactos de la solución propuesta y sus alternativas, v) establecimiento de medidas protectoras y correctoras, vi) programa de vigilancia ambiental, y vii) documento de síntesis.

2. Legislación Ambiental

En un marco general, La Constitución Nacional, sienta las bases para que la Nación establezca estándares de protección ambiental dentro de los cuales deberían establecerse los contenidos mínimos que una evaluación de impacto ambiental debería contemplar (Artículo 41, ver anexos). La misma establece también, que corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.

En particular la Ley 25.675 (Ley General del Ambiente), establece una serie instrumentos de política y gestión ambiental, entre ellos, el ordenamiento ambiental mediante la creación del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y la Evaluación de Impacto Ambiental. El apartado Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en los artículos 11, 12 y 13 (ver anexos), expresa que toda obra u actividad susceptible de degradar el ambiente en el territorio de la Nación debe estar sujeta a una EIA previa a su ejecución, obligando a las personas físicas o jurídicas a presentar una declaración jurada en la que se manifieste si las obras o actividades afectarán al ambiente, y a las autoridades competentes a emitir una declaración de impacto ambiental en la que se manifieste la aceptación o rechazo de los estudios presentados. Además, menciona los contenidos mínimos que deben tener los estudios de impacto ambiental.

Por su parte la Ley 24.354: Inversión Pública, por la cual se crea el "Sistema Nacional de Inversión Pública", incluye EsIA en la presentación de proyectos de inversión. Su decreto reglamentario 720/95 establece que todos los estudios deberán respetar los principios, normas y metodologías que establezca la autoridad ambiental competente. La

norma también establece una serie de pasos a seguir para ejecutar todos los proyectos de inversión de los organismos integrantes del Sector Público Nacional, así como los de organizaciones privadas o públicas que requieran para su realización de transferencias, subsidios, aportes, avales, créditos o cualquier tipo de beneficios que afecten en forma directa o indirecta al patrimonio público nacional, entre estos pasos obligatorios se enuncian los estudios de factibilidad o de impacto ambiental para los proyectos especificados en el anexo I de la citada ley. Además, exige que la realización de las evaluaciones de impacto no se limite a una evaluación previa, sino que se extienda hasta un período posterior a la culminación de la obra. En el anexo II se enuncian las normas y procedimientos mínimos a ejecutar en los estudios de factibilidad o impacto ambiental.

En el ámbito de la provincia de Córdoba, la legislación contempla una serie de normativas para la puesta en marcha de proyectos y/o actividades que degraden o sean susceptibles de degradar el medio ambiente, así como obligaciones a cumplir por emprendimientos instalados previo a la sanción de las normativas. La Ley 9.306: Regulación de los Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA), (en su artículo 15) a los establecimientos con dichos sistemas de producción a tener un sistema de tratamiento permanente de las excretas a través de biodigestores u otros alternativos aprobados o sugeridos por la Autoridad de Aplicación. En el artículo 16 de la misma Ley, se obliga a los SICPA ya instalados a presentar la Evaluación de Impacto Ambiental. La Ley 7.423: Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente, en su Capítulo IX: Del Impacto Ambiental y su decreto reglamentario número 2.131, en su articulado (más específicamente artículos 49 al 52) obliga a las personas físicas y jurídicas responsables de obras y/o acciones que degraden el medio ambiente a presentar un estudio de impacto ambiental en todas las etapas del proyecto. La Ley define las actividades degradantes o susceptibles de degradar, así mismo, define como autoridad de aplicación a la AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE SOCIEDAD DEL ESTADO. (Ver artículos de ambas leyes y decreto reglamentario en anexos)

3. El Proceso de Biodigestión, Biogás, Biofertilizantes y Biodigestores

3.1. Proceso de Biodigestión

3.1.1. Microbiología de la digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso natural, que corresponde al ciclo anaerobio del carbono, por el cual es posible, en ausencia total de oxígeno, que diferentes grupos bacterianos, mediante una acción coordinada y combinada, puedan utilizar la materia orgánica para alimentarse y reproducirse.

Cuando se acumula materia orgánica (compuesta por polímeros naturales, como carbohidratos, proteínas, celulosa, lípidos), en un ambiente acuoso, los microorganismos aerobios, actúan primero, tratando de alimentarse de este sustrato, para lo cual consumen el oxígeno disuelto que pueda existir. Luego de esta etapa inicial, si el oxígeno se agota aparecen las condiciones necesarias para que la flora natural anaerobia se pueda desarrollar consumiendo también la materia orgánica disponible, y como consecuencia, la característica respiratoria de las bacterias genera una cantidad importante de metano (CH_4), anhídrido carbónico (CO_2); y trazas de nitrógeno (N_2), hidrógeno (H_2) y ácido sulfhídrico (SH_2). (Grapelli y Giampaoli, 2001).

El proceso global es el resultado de la acción de diferentes tipos de microorganismos, cada uno de los cuales lleva a cabo un proceso bioquímico. Se logra la cooperación entre ellos, de modo tal que los productos intermedios necesarios como alimento para un cierto tipo de microorganismo son producidos como consecuencia de la actividad metabólica de otro consorcio microbiano.

La flora heterogénea presente en un biodigestor también contribuye a la anaerobiosis, dado que una porción de los microorganismos son “anaeróbicos facultativos” y en caso de entrada de oxígeno, pueden reducir su concentración, hasta estabilizar los potenciales de óxido-reducción a valores más convenientes para las bacterias metanógenas.

La población microbiana que puede desarrollarse en un biodigestor es muy diversa. En la puesta en marcha se desarrollan y actúan primeramente dos tipos de bacterias: denitrificantes y sulfato-reductoras.

Las bacterias *desnitrificantes* (*Pseudomonas*, *Alcaligenes*) son básicamente aerobias pero tienen la alternativa de reducir los óxidos de nitrógeno cuando el oxígeno se vuelve limitante. Esto determina su importancia en la puesta en marcha de biodigestores anaerobios, puesto que cumplen la función inicial de remover el oxígeno disuelto que pueda existir en la mezcla a digerir y crear las condiciones de anaerobiosis necesarias para que se desarrollen las bacterias productoras de biogás. En ausencia total de oxígeno disuelto, se desarrolla el proceso de “desnitrificación respiratoria”, por el cual las bacterias utilizan el oxígeno del nitrato como receptor final de electrones, para generar finalmente nitrógeno gaseoso y obtener energía para su supervivencia. Otro mecanismo frecuente es la “desnitrificación disimilativa de nitrato en amoníaco”, pero como el pH del biodigestor se encuentra habitualmente en un valor neutro el nitrógeno queda principalmente como ión amonio. Las bacterias que realizan este proceso comúnmente son anaeróbicas facultativas. Finalmente, la “reducción asimilativa de los nitratos” se produce con el fin de utilizar el nitrógeno en la formación de nuevas células y en menor medida que los procesos anteriores, dado que es inhibido por la presencia de iones de amonio o de compuestos orgánicos de nitrógeno, abundantes en ambientes anaeróbicos.

Las bacterias sulfato-reductoras producen ácido sulfhídrico a partir de azufre que existe en las proteínas o por la reducción del sulfato que se encuentra disuelto en agua. Como el biodigestor se encuentra a pH neutro, el 50% del sulfuro estará en la forma de ácido sulfhídrico, responsable del mal olor. Estas bacterias están siempre presentes en los biodigestores, por lo que también el biogás producido tendrá algún porcentaje de ácido sulfhídrico, es decir que, siempre tendrá mal olor, hecho que servirá para detectar alguna pérdida en la instalación o dentro de la habitación en donde se encuentran los artefactos para consumo del biogás.

3.1.2. Etapas de la digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso que se desarrolla en tres etapas principales: hidrólisis y fermentación, acetogénesis y deshidrogenación y metanogénesis.

En la etapa de hidrólisis y fermentación, la hidrólisis de macromoléculas como lípidos, proteínas y carbohidratos bajo condiciones anaerobias es realizada por enzimas extracelulares producidas por la mayoría de los microorganismos. Estas enzimas hidrolíticas liberadas al medio acuoso o ligadas a la pared celular, degradan las moléculas complejas en unidades monoméricas que se transforman en solubles y son fácilmente asimilables por los microorganismos. La degradación de la materia orgánica se inicia con la etapa fermentativa, donde un amplio grupo de microorganismos facultativos, principalmente bacterias celulolíticas, actúa sobre los polímeros orgánicos desdoblándolos enzimáticamente en los correspondientes monómeros. Éstos experimentan, a continuación, procesos de fermentación ácida, que originan diferentes intermediarios, principalmente acetatos, propionatos y butiratos, y en menor proporción dióxido de carbono e hidrógeno. El rango de pH de trabajo óptimo de esta flora microbiana se encuentra entre 5,50 y 6,50.

En la *Acetogénesis y deshidrogenación*, los alcoholes, ácidos grasos de cadena larga (propiónico, butírico) y compuestos aromáticos, generados en la etapa anterior, son degradados por bacterias acetogénicas con producción de ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno, principalmente. En este grupo se incluyen las bacterias conocidas como “sintroficas obligadas”, que al producir hidrógeno por su actividad metabólica, necesitan que las metanogénicas estén estrictamente presentes junto a éstas, para que lo consuman y así poder continuar con su metabolismo. Si no existiera esta coordinación entre especies, la concentración de hidrógeno aumentaría y se inhibiría la generación de acetato.

Durante la *metanogénesis*, un grupo de bacterias metanogénicas, estrictamente anaeróbicas, actúan sobre los productos resultantes de las etapas anteriores que, desde el punto de vista metabólico, son las únicas capaces de producir metano. Las Bacterias metanogénicas constituyen un complejo compuesto por las hidrogenoflicas, que utilizan el hidrógeno para reducir el anhídrido carbónico y producir metano (*Methanobacterium*;

Methanospirillum y *Methanobrevibacter*), las acetoclásticas, que hidrolizan el acetato, oxidando el grupo carbonilo a anhídrido carbónico, y reduciendo el grupo metilo a metano, y las metilotróficas, que metabolizan compuestos como metilaminas y metilsulfuros, utilizan hidrógeno para reducir el grupo metilo que contiene el sustrato.

El rango de pH óptimo para el desarrollo de este complejo de bacterias está entre 6,7 y 7,3, aunque a los fines prácticos, la operación de los biodigestores puede tolerar un rango máximo de variación de pH entre 6,0 y 8,0 sin que la inhibición se manifieste de manera significativa.

3.1.3. Requerimiento de nutrientes

La flora microbiana que produce la digestión anaeróbica necesita para su desarrollo y reproducción una serie de nutrientes que son tomados de los residuos orgánicos que tienen a disposición. El requerimiento de carbono es superior al de nitrógeno en forma amoniacal en una relación C/N=30, la necesidad de fósforo en proporción al nitrógeno es del 20% (N/P=5). Si los residuos no contienen las cantidades de macronutrientes bien balanceadas se pueden mezclar entre los que puedan estar disponibles, de manera de satisfacer los requerimientos de los microorganismos lo mejor posible, a los fines de obtener la mayor conversión de los residuos en biogás y que éste tenga una buena proporción de metano.

Estos microorganismos también necesitan metales alcalinos y alcalino-térreos, como Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio, en pequeñas concentraciones y su carencia puede ser causa de inhibición en el proceso de digestión. Finalmente, para cumplir funciones enzimáticas y como micronutrientes se requieren muy pequeñas concentraciones de Hierro, Cobre, Zinc, Níquel, Azufre, etc., que se encuentran en las cantidades necesarias en todos los residuos orgánicos habitualmente utilizados.

3.1.4. Factores ambientales que deben controlarse en la digestión anaeróbica

Toda materia orgánica residual que se destine como alimentación para un biodigestor, generalmente está compuesta por una importante cantidad de agua, y una fracción sólida, caracterizada por la concentración de sólidos totales (ST). Experimentalmente, se ha llegado a la conclusión de que trabajando con mezclas que en la alimentación contengan entre 7 y 9 % de sólidos totales, se pueden obtener los mejores resultados en la digestión anaeróbica. Para calcular el volumen de agua necesario para diluir la materia prima hasta la proporción adecuada, es imprescindible estimar el contenido de sólidos del residuo a utilizar.

El rango de pH aceptable para las bacterias metanogénicas se encuentra entre 6,5 y 7,5, es decir, un medio prácticamente neutro. El pH se mantendrá en ese rango sólo si el biodigestor está operando correctamente. Cuando el pH es superior a 8 comienza a notarse

un efecto inhibitor causado por el aumento de la concentración de amoníaco (NH_3) a valores cercanos a los 200 mg/L. Si el pH es inferior a 6,5 aumenta la concentración de la forma no disociada de sulfuro provocando también la inhibición del proceso de biodigestión, a partir de los 200 mg SH_2 /L.

La biodigestión se lleva a cabo satisfactoriamente en dos rangos térmicos bien definidos: entre 10 °C a 37 °C, para la flora de bacterias mesofílicas, y entre 55 °C a 60 °C para el rango termofílico. Para que las bacterias trabajen en forma óptima, se requiere mantener constante la temperatura. El proceso fermentativo anaeróbico no genera una cantidad apreciable de calor, por lo tanto las temperaturas mencionadas deben generarse desde el exterior.

La generación del biogás depende fundamentalmente del íntimo contacto entre bacterias, la materia prima en degradación y los compuestos intermediarios producto de las diferentes etapas del proceso fermentativo. En consecuencia, la agitación de la masa en digestión es sumamente beneficiosa para un buen funcionamiento del proceso.

3.1.5. Materias primas para la generación de biogás

Los biodigestores pueden ser alimentados con todo tipo de residuo orgánico. A fin de caracterizar las materias primas para el posterior diseño y manejo de cada instalación, resulta de gran utilidad la estimación del contenido de sólidos totales y de sólidos volátiles. El Contenido de Sólidos Totales (ST) se define como la cantidad de sólidos secos totales con respecto al peso de la muestra fresca, secada en estufa a 105 °C, hasta peso constante. El Contenido de Sólidos Volátiles (SV) representa la materia orgánica volatilizada con respecto al peso de sólido seco, calcinado a 550 - 600 °C hasta peso constante.

Otras características que deben considerarse, ya que deterioran la calidad de la materia prima, son la presencia de antibióticos, detergentes o alto porcentaje de lignina en la constitución de los residuos a emplear.

3.2. Biogás

El biogás es un gas combustible cuyo poder calorífico alcanza las 5.000 a 5.500 Kcal/m³. Está constituido por una mezcla de gases, básicamente, Metano, Dióxido de Carbono y pequeñas proporciones de otros gases como Anhídrido Sulfuroso, Hidrógeno, Nitrógeno y vapor de agua. Las propiedades físicas del biogás son las mismas que presenta el resto de los gases y son influenciadas por las condiciones de presión y temperatura a las que se lo someta.

Cuadro 1. Composición del biogás

Componentes	Proporción (%)
Metano (CH ₄)	55 - 70
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27 - 45
Anhídrido Sulfuroso (NH ₂)	Menor a 1
Nitrógeno (N ₂)	0,5 - 3
Hidrógeno (H ₂)	1 - 3

Fuente: Hilbert, J. (s.d).

Cuadro 2. Equivalencias de poder calorífico con otros combustibles factibles de sustituir por biogás

Combustible	Poder Calorífico	Equivalencia con Biogás de 5.500 Kcal/m ³
Gas Natural	9.300 Kcal/m ³	1,70
Gas Envasado Grado 1	12.013 Kcal/Kg	2,18
Gas Envasado Grado 2	11.878 Kcal/Kg	2,16
Leña Blanda	1.840 Kcal/Kg	0,33
Leña Dura	2.300 Kcal/Kg	0,42
Nafta	8.232 Kcal/L	1,50
Kerosene	8.945 Kcal/L	1,63
Gas-Oil	9.211 Kcal/L	1,67
Fuel-Oil	10.300 Kcal/Kg	1,87

Fuente: Gropelli y Gianpaoli (2001).

3.3. Biofertilizante

El residuo digerido resultante de la biodigestión anaeróbica es un líquido de bajo índice de viscosidad, debido a la descomposición de los sólidos volátiles durante el proceso. El biofertilizante es una masa de color pardo-oscuro, relativamente estable y con buen poder fertilizante. Además, es más rico en nutrientes que el humus y de granulometría más fina que el estiércol, lo que facilita su penetración y mezclada en el suelo. (Gropelli y Gianpaoli, 2001). Por su rápida descomposición brinda al suelo sus nutrientes disponibles. Los ácidos húmicos presentes en este material contribuyen a mejorar la estructura y porosidad del suelo, aumentando la fertilidad química y la capacidad de intercambio catiónico del mismo. La cantidad de humus estable duplica, generalmente, a la que se consigue mediante la utilización de estiércoles, incrementando en forma significativa la actividad biológica del suelo. El biofertilizante prácticamente carece de olor, debido a que las sustancias responsables del mal olor son reducidas en el proceso de fermentación, hasta hacerlas desaparecer casi en su totalidad.

En el proceso de biodigestión, la relación Carbono/Nitrógeno del efluente se ve reducida, mejorando en forma general el efecto fertilizante del lodo (Hilbert, s.d.). En términos generales, todos los macronutrientes utilizados por los vegetales son preservados en el proceso de fermentación, por lo tanto los valores de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) que posea el efluente crudo se mantendrán sin alteraciones en el biofertilizante.

El residuo digerido resultante de la biodigestión se comporta como corrector de acidez del suelo debido a su pH (7,5), permitiendo una mayor solubilización del fósforo; mejora la estructura del suelo, dejándolo más trabajable y facilitando la penetración de raíces; ayuda a la conservación de la humedad y la aireación del suelo y es una sustancia inocua puesto que la fermentación elimina las sustancias tóxicas presentes en el sustrato.

3.4. Biodigestores

Los biodigestores constituyen una tecnología socialmente apropiada para el tratamiento de residuos de origen orgánico, dando como resultado biogás y biofertilizante. Reunen las siguientes condiciones, son ecológicamente adecuados; económicamente viables; socialmente equitativos; y aptos para la aplicación descentralizada.

3.4.1. Tipos de Biodigestores

3.4.1.1. Biodigestor tipo Hindú

El biodigestor de tipo Hindú se compone de una cámara de forma cilíndrica, ubicada en sentido vertical, dividida diametralmente al medio por una pared de la mitad de la altura de la cámara de digestión, conformando dos sectores. Uno inicial donde se recibe el material que ingresa evitando, mediante la agitación producida con el ingreso de la carga, que éste pueda salir directamente con los residuos ya digeridos. Este tabique obliga al material por degradarse a recorrer un camino, desde el sector primario hacia otro secundario y por lo tanto, se cumpla el tiempo de permanencia seleccionado en el diseño del equipo.

Sobre esta cámara se desplaza en forma vertical un gasómetro guiado por un eje, tal que en la medida que se produce biogás, éste se acumula elevándola en altura. Luego, cuando hay un consumo, en un momento determinado baja, entregando el biogás necesario, siempre a presión constante.

El diseño se completa con una conexión entre la cámara de carga y la primera mitad de la cámara de digestión, mediante un caño de buen diámetro (160 mm a 200 mm). Desde la cámara secundaria se coloca otro caño, para extraer el material digerido. Se puede incorporar agitadores, en cada cámara para mejorar el contacto entre la flora anaeróbica y los sólidos en tratamiento (Ver figura 1 en anexos).

3.4.2. Biodigestor tipo Chino

El diseño de este tipo de biodigestores se basa en el principio de “prensa hidráulica” con el propósito de no utilizar partes móviles, y determina que deba colocarse totalmente enterrado. Está conformado por una sola cámara, cilíndrica en su parte vertical, cerrada por un fondo cóncavo y una cúpula con forma esférica. Esta última, es una estructura que resiste

en mayor medida la presión tanto interior del biogás, como exterior de la tierra (ver figura 2 en anexos).

El diseño no posee gasómetro, el biogás producido se acumula dentro del mismo sistema. Cuenta con una cámara de carga y otra de descarga. A medida que aumenta la cantidad de biogás almacenado en la cúpula de forma esférica, aumenta la presión, forzando al líquido interno que se encuentra en las cámaras de carga, y fundamentalmente, en la de descarga, al subir de nivel, generando un espacio para el biogás dentro de la cúpula, a la vez que se eleva la presión de éste. Como consecuencia de la variación de presión, que se eleva al generarse el biogás y disminuye cuando se consume, se reduce la eficiencia de los equipos en los que es utilizado. Si la presión sube a valores muy elevados, aumenta el riesgo de formación de fisuras por movimientos ligeros en la cúpula o en las paredes.

3.4.3. Biodigestor de Desplazamiento horizontal

Los biodigestores de desplazamiento horizontal son utilizados en explotaciones agropecuarias que generan importantes cantidades diarias de residuos. Por cuestiones de diseño, se recomienda su uso cuando se requiere trabajar con volúmenes de residuos mayores a 15 m³ diarios, ya que la excavación de un pozo vertical puede resultar problemática. (Groppelli y Gianpaoli, 2001).

Este tipo de biodigestores posee una geometría alargada, donde la mezcla de materia orgánica y agua circula en flujo pistón, permitiendo que cada porción del residuo que ingresa por un extremo recorra longitudinalmente toda la cámara de digestión, cumpliendo el tiempo de permanencia necesario dentro del biodigestor antes de salir por el otro extremo. Generalmente se instalan enterrados, con excavaciones del orden de 2 a 4,50 m de profundidad. La relación largo/ancho puede variar entre 5/1 y más de 10/1. (Ver figura 3 en anexos).

Se debe realizar un recubrimiento de todo el interior del biodigestor con membrana de polietileno de alta densidad de 1.000 a 1.500 micrones de espesor, a fin de lograr un reservorio totalmente impermeable y evitar toda percolación del contenido del biodigestor hacia las napas freática. La cubierta superior que forma parte del diseño tiene el objetivo de recuperar todo el biogás producido y cumplir la función de gasómetro. Este propósito se logra con la forma que se le da a la cubierta, tal que permita “inflarse” hasta un determinado volumen.

4. Los desechos fecales porcinos

Aunque es difícil proporcionar valores medios de producción de desechos fecales por categoría de animales, debido a su gran variación según la edad, el peso corporal, el número de animales mantenidos juntos, la calidad de la dieta que reciben, etc., puede considerarse, a los fines prácticos, que cada animal produce diariamente entre 0,6 y 1% de su peso vivo en excretas. Los efluentes porcinos son una mezcla compleja que puede ser considerada como un fango líquido, con una concentración media en materia seca en entorno del 6% , una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de alrededor de 75.000 mg/L y una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de aproximadamente 26.000 mg/L (Sabater y Lobo, s.d.). Los desechos porcinos contienen elementos fertilizantes que al cabo de unos tres días de producidos alcanzan: N₂: 0.72%; P₂O₅: 0.4% y K₂O: 0.3%.

Prácticamente toda materia orgánica es capaz de producir biogás al ser sometida a una fermentación anaeróbica, pero la calidad y la cantidad del biogás producido dependerán de la descomposición del desecho utilizado. Entre las materias primas utilizadas en la generación de biogás, los desechos animales (estiércoles) tienen una relación C/N menor que la optima, mientras que los residuos de tipo agrícola poseen generalmente relaciones C/N muy superiores (Groppelli y Gianpaoli, 2001). Ver cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de Carbono, Nitrógeno y relación C/N de las excretas porcinas en comparación con otras materias primas utilizadas en la producción de biogás

Material	Porcentaje N (Base seca)	Porcentaje C (Base Secca)	Relación C/N
Estiércol bovino	1,70	30,6	18:1
Estiércol equino	2,30	57,6	25:1
Estiércol ovino	3,80	83,6	22:1
Estiércol porcino	3,80	76,0	20:1
Estiércol aviar	6,30	50,0	08:1
Hojas secas	1,00	41,0	41:1
Paja de arroz	0,63	42,0	67:1
Paja de trigo	0,53	46,0	87:1
Rastrojo de maíz	0,75	40,0	53:1
Rastrojo de soja	1,30	41,0	32:1
Sorgo granífero	1,63	31,8	19:1

Fuente: Groppelli y Gianpaoli, 2001

La mayoría de los biodigestores se alimenta con excretas (estiércol y orina) porque presentan excelente capacidad de fermentación y producen una buena cantidad de biogás. La siguiente tabla muestra el rendimiento aproximado de biogás de las excretas porcinas, en comparación con otros desechos orgánicos aprovechables.

Cuadro 4. Rendimiento de biogás, contenido de Sólidos Totales (ST) y Sólidos Volátiles (SV) de las excretas porcinas en comparación con otros desechos orgánicos

Tipo de residuo	Producción de biogás (L/Kg sólido fresco)	Contenido ST (%)	Contenido SV (%)
Estiércol vacuno	15 - 40	18,00 – 20,00	83,00
Estiércol porcino	50 – 70	18,00	80,00
Estiércol aviar parrilleros	30 – 50	53,00	66,00
Estiércol aviar ponedoras	35 – 55	35,00	90,00
Desechos de huerta	39 – 63	11,00	94,00
Residuos amiláceos o azucarados	100	18,00	94,00
Residuos de comida	75 – 120	19,60	90,60
Sorgo granífero	550	96,00	98,00

Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2001

EL CASO EN ESTUDIO

El establecimiento destinatario del proyecto

El establecimiento donde se instalará el biodigestor es un emprendimiento familiar ubicado en la localidad de Las Vertientes, al sur de la provincia de Córdoba. Cuenta con una superficie de 110 hectáreas, y desde 1979 se dedica a la producción de cerdos para el mercado nacional. A principios de los 90 comenzó un proceso de intensificación de la producción porcina, que fue completado en más de diez años, alcanzando actualmente el total confinamiento de los animales bajo un manejo de tipo TATA. La producción porcina constituye la actividad principal del establecimiento, aportando más del 96,3% del ingreso bruto total. La agricultura, por su parte, se realiza con el único propósito de producir el alimento para los cerdos, aportando, junto a la producción en superficies arrendadas, el 80% del grano utilizado. Estas actividades se complementan con un pequeño planteo de invernada bovina, cuya finalidad es mantener una porción de la superficie del establecimiento con pasturas perennes, y de esta manera, el esquema de rotación de cultivos.

Instalaciones

El establecimiento cuenta con instalaciones adecuadas para las distintas categorías de cerdos en producción. En el galpón de gestación se alojan las cerdas desde el momento del servicio hasta cinco días pre-parto y los reproductores machos. En la maternidad las cerdas permanecen desde los 5 días pre-parto hasta los 21 días pos-parto cuando la camada es destetada. El galpón de destete aloja los lechones desde su destete (7 Kg P.V.) hasta alcanzar, en promedio, los 30 Kg P.V. La cría consta de una sala con corrales donde los cerdos provenientes del galpón de destete crecen y permanecen allí hasta alcanzar, en promedio, los 70 Kg P.V. En el galpón de engorde los cerdos provenientes de la etapa anterior alcanzan el peso de venta (entre los 100 y 105 Kg P.V.).

Las instalaciones son modernas y adecuadas para la producción de cerdos en confinamiento total, poseen piso perforado de tipo listón cubriendo las fosas de recolección de efluentes, sistemas de alimentación automática y calefacción.

Situación productiva

La producción porcina del establecimiento se compone de un plantel de 250 cerdas y 5 padrillos. Durante el último ejercicio económico finalizado (2010-2011) se obtuvieron 2,27 partos anuales por cerda, 11,7 lechones destetados por camada y 2.200 Kg/cerda/año de producción de carne. Según estos índices, durante el ejercicio se produjeron 550.000 Kg de

cerdo terminado, con una venta de 5.200 cabezas. La alimentación de los cerdos insumió 1.837.725 Kg de alimento balanceado elaborado en el establecimiento.

La actividad agrícola produjo 1.080.000 Kg de maíz en 46 ha propias y 160 ha alquiladas, con un rendimiento promedio de 6 tn/ha, y 464.500 Kg de soja en 52 ha propias y 163 ha arrendadas, alcanzando un rendimiento promedio de 3,15 tn/ha.

La internada bovina se realizó sobre 15 ha de pradera de alfalfa y la alimentación se suplementó con granos y concentrados específicos para el engorde a corral. Durante el ejercicio se vendieron 138 animales con un total de 42.800 Kg en pie, y se compraron algo más de 120 cabezas, contabilizando un total de 17.000 Kg.

Manejo actual de los efluentes porcinos

En los galpones, las excretas porcinas se manejan en forma líquida porque se mezclan, luego de atravesar los pisos perforados, con el agua contenida en las fosas subterráneas de recolección. Estos efluentes, mezcla de excretas y agua, son conducidos desde las fosas hacia las lagunas de depósito, impulsados por bombas estercoleras a través de una red de cañerías subterráneas.

Los efluentes se almacenan en dos lagunas no impermeabilizadas, en la primera de ellas se encuentra el material con mayor proporción de sólidos, dando paso a los residuos más líquidos hacia la segunda laguna.

El actual sistema de lagunas del criadero no se adecua a lo exigido por las normas vigentes, emana gases de efecto invernadero, produce malos olores, contamina el suelo y las napas freáticas, y favorece la proliferación de insectos y roedores. Los efluentes son extraídos de las lagunas con un equipo atmosférico y son esparcidos, sin tratamiento previo en los lotes agrícolas cada año al finalizar las cosechas.

El sistema intensivo de cría de cerdos en el establecimiento, caracterizado por una alta automatización y climatización de las instalaciones, exige una alta provisión de energía externa, tanto eléctrica como de gas de petróleo. El gas es utilizado en la caldera del sistema de calefacción por loza radiante de los galpones de maternidad y destete. La energía eléctrica es utilizada en todo el criadero, para movilizar los sistemas de alimentación automática de flujo mecanizado, y para el funcionamiento de planta de la elaboración de alimentos balanceados. La demanda creciente de fertilizantes químicos para la producción de cultivos de cosecha, materia prima para la elaboración de alimentos balanceados, constituye otra necesidad de energía fósil externa.

La situación productiva y tecnológica actual del establecimiento lo posiciona frente a nuevos desafíos. Por un lado, la adecuación del proceso productivo a la legislación vigente en materia de cuidados ambientales; y por otro, la disminución de los costos de aprovisionamiento de energía.

PROYECTO DE INVERSIÓN

1. Beneficiarios

El beneficiario directo del proyecto es el productor agropecuario propietario del establecimiento porcino, ya que es la persona que asume el riesgo de inversión y obtendrá los beneficios económicos del mismo. Son posibles beneficiarios indirectos otros productores porcinos de características similares que puedan incorporar la misma tecnología. Por último, la sociedad en su conjunto resultaría beneficiada, mediante la disminución del consumo de energía no renovable y la reducción de la contaminación ambiental.

El propietario del establecimiento manifiesta preocupación por continuar produciendo sin afectar el medio ambiente y cuenta con la iniciativa de incorporar nuevas alternativas tecnológicas. Posee cierta capacidad financiera para afrontar la inversión y para contraer obligaciones financieras futuras, en forma de créditos bancarios o de algún organismo de financiamiento específico. En lo que respecta al personal, el establecimiento actualmente cuenta con cuatro empleados permanentes, capacitados para cumplir con las actividades habituales del criadero, así como para cumplir con las nuevas actividades que demandará el proyecto.

En la Provincia de Córdoba existen (según datos del CNA 2002) 4.179 criaderos de cerdos, de los cuales, el 88,23% corresponde a empresas familiares con características similares a las del establecimiento destinatario de este proyecto. Algunos de estos establecimientos podrían incorporar este tipo de tecnología para el tratamiento de efluentes.

La sociedad en su conjunto puede considerarse beneficiada de manera indirecta por este proyecto. Mediante la implementación de esta estrategia, el establecimiento disminuirá la emanación de gas metano a la atmósfera, dejará de incorporar a las napas freáticas agua contaminada de los efluentes, que por percolación desde el fondo de la laguna de acumulación, entra en contacto con las aguas subterráneas. Se reducirá fuertemente el potencial contaminante del líquido fertilizante que anualmente se esparce en los lotes destinados a la producción de granos, la contaminación por malos olores también se verá fuertemente reducida puesto que el lodo fertilizante resultante de la biodigestión es totalmente inodoro. Además, se reducirá la proliferación de insectos y roedores en la zona de influencia del establecimiento. Como beneficio adicional al medio ambiente, se disminuirá el consumo de energías exógenas al sistema.

1.1. Caracterización de la situación problema y la estrategia de solución

El manejo actual de los efluentes provoca contaminación ambiental, incumplimiento de las leyes provinciales N° 9.306 y N° 7.343 y su decreto reglamentario 2131, imposibilidad

de reutilización de subproductos como gas y fertilizante. 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.

La tecnología de la biodigestión tiene la particularidad de dar respuesta a la doble problemática que enfrenta el establecimiento; por un lado, la necesidad de reducir la contaminación ambiental y, por otro, la sustitución de energía externa.

Existen distintos tipos de biodigestores para el tratamiento de efluentes, la utilización de uno u otro depende del tipo y cantidad de desechos a tratar, y de la zona en donde se instalará, por la incidencia de los factores climáticos sobre su funcionamiento. Junto a estas dos variables, Gropelli y Gianpaoli (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 biodigestor de desplazamiento horizontal es el tipo recomendado para tratar el volumen de efluentes que alcanza los 15 m³ diarios.

2. Aspectos Técnicos

2.1. Localización

La localización del biodigestor en el establecimiento está determinada por el circuito de circulación de los efluentes provenientes de los galpones actualmente instalados. Con el fin de aprovechar la infraestructura existente para el traslado de los efluentes, el biodigestor se instalará a un costado de las actuales lagunas de depósito (ver foto satelital del establecimiento en anexos). Desde el biodigestor se transportará el biogás comprimido hacia las unidades de consumo, una caldera ubicada en el galpón de maternidad y un motor-generador de corriente eléctrica. Esta localización también permite la reutilización de la antigua laguna de almacenaje de efluentes (luego de su impermeabilización) como depósito de los lodos tratados hasta ser utilizados como biofertilizante.

2.2. Tamaño

El tamaño del biodigestor está definido por el volumen diario de efluentes a ser tratado y por el tiempo que demanda el proceso de biodigestión (tiempo de permanencia).

2.2.1. Volumen diario de efluentes

El volumen de efluentes a ser tratado en el biodigestor está determinado por su grado de dilución y la cantidad de animales confinados. La producción diaria de efluentes por categoría de animales se muestra en cuadro 5. Según análisis de la Universidad Nacional del Litoral (Esperanza, Santa Fe), la concentración de sólidos totales en los efluentes producidos en este establecimiento es en promedio del 8,1%. Esta concentración es producto de un proceso de dilución, generado al adicionarse un volumen de agua en las fosas previo al ingreso de los animales.

Cuadro 5. Producción de efluentes porcinos por categoría de animales

Galpón	Efluentes m3/día
Gestación	1.75
Maternidad	3.73
Destete	1.68
Recría	2.33
Terminación	5.26
Total	14.75

Fuente: Datos del establecimiento.

2.2.2. Tiempo de permanencia

Existe un tiempo de permanencia mínimo del sustrato dentro del biodigestor relacionado con el tiempo mínimo necesario para la reproducción de las bacterias metanogénicas, debido a que al extraer el efluente del digestor se extrae un pool de bacterias. Respetado este tiempo mínimo necesario, el tiempo total de permanencia del sustrato en el biodigestor dependerá de la temperatura en la que se desarrolle la fermentación.

El proceso de biodigestión puede desarrollarse a diferentes temperaturas, hasta los 20°C predominan bacterias psicrófilas; entre los 20 y 40°C predominan las bacterias mesófilas y a temperaturas mayores a 40°C se desarrollan bacterias termófilas. (Hilbert, s.d.). El proceso *mesofílico* es más estable y más adecuado para utilizar en el medio rural en biodigestores de pequeños volúmenes y bajo costo. El proceso *termofílico* presenta ventajas para el caso de grandes instalaciones, donde el volumen de material a digerir es muy grande. La digestión en este rango de temperaturas es más rápida y más eficiente en la conversión de materia orgánica en gas, en consecuencia exige menor tiempo de permanencia del sustrato en el biodigestor. El tiempo de permanencia mínimo del estiércol porcino líquido oscila entre los 15 y 25 días, luego de este tiempo la permanencia del sustrato en el digestor puede calcularse a partir de los datos del cuadro 6.

Cuadro 6. Relación entre temperatura del sustrato y tiempo de permanencia en el biodigestor

Temperatura (°C)	10	15	20	25	30	35
Tiempo de digestión (días)	90	60	45	32	30	25

Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2001.

La temperatura media anual de la localidad de Las Vertientes es de 18,9 °C² por lo que el tiempo de permanencia del lodo dentro de la cámara de digestión será aproximadamente de 45 días.

2.2.3. Dimensionamiento del biodigestor

A partir de los datos de caudal diario de efluentes y del tiempo de permanencia se determina el volumen necesario de la cámara de digestión del biodigestor. El establecimiento produce alrededor de 15 m³ diarios de efluentes que deben permanecer 50 días en el biodigestor, determinando un volumen de 750 m³. La cámara de digestión se construirá bajo la superficie del terreno, de forma rectangular con una relación largo/ancho de 6,66/1. Las paredes laterales tendrán una inclinación del 30% para asegurar su estabilidad. Las dimensiones necesarias para lograr el volumen y respetar la relación ancho/largo serán: 50 m de largo (49,7 en la parte inferior y 50,3 en la parte superior), 7,5 m de ancho (7,2 en la parte inferior y 7,8 en la superior) y 2 m de profundidad.

El gasómetro consiste en una membrana con forma de tronco de pirámide, que cubre la cámara de digestión, cuyo volumen aumenta en la medida que se va generando el biogás, hasta alcanzar un volumen máximo de 500 m³. Para alcanzar este volumen, sus dimensiones serán 51 m de largo y 8 m de ancho. Esta superficie permite lograr el volumen de 500 m³ cuando inflada alcanza los 2 m de altura promedio. El gasómetro actuará como reservorio del biogás producido.

2.3. Ingeniería

La ingeniería de obra consiste en la construcción del biodigestor, con su cámara de digestión y gasómetro correspondientes; 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 y para la conducción del biogás hacia las fuentes de consumo. 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

² Datos térmicos ofrecidos por el programa BALUBA Universidad de Buenos Aires.

cámara de descarga y la salida y circulación del biogás. Finalmente, se desarrolla el cálculo de producción de biogás y de biofertilizante.

2.3.1. Ingeniería de obra

Cámara de digestión

La cámara de digestión se construirá bajo la superficie del terreno con la finalidad de lograr un cierto aislamiento térmico y para disminuir la fragmentación del paisaje por causa del tamaño del biodigestor. Se realizará una excavación de forma rectangular, cuyas paredes tendrán una inclinación del 30% para asegurar su estabilidad. Sus dimensiones serán 50,3 m de largo, 7,8 m de ancho y 2 m de profundidad. El piso de la fosa será revestido con una capa de arena zarandeada de 10 cm de espesor, sobre la arena se instalará una geomembrana de 1.000 micrones de densidad, cuya función es impermeabilizar la cámara de digestión.

En el contorno de la fosa se construirá un cordón en forma de "U", de hormigón armado de 30 cm de ancho y 40 cm de profundidad, sobre el que se realizará la termofusión de las membranas de la cámara de digestión y del gasómetro. Sobre la geomembrana del piso, se instalarán cuatro líneas longitudinales de cañería de polietileno de 1 pulgada de diámetro, perforada para la re-inyección de parte del biogás producido con el fin de generar la agitación del material dentro de la cámara de digestión. Por último, sobre la cámara de digestión se extenderá un polietileno de la misma densidad que funcionará como gasómetro. El transporte de gas hacia el compresor se realizará por medio de una cañería de polietileno de 1 pulgada de diámetro.

Cámara de carga

La cámara de carga se construirá de mampostería con estucado interior con una capacidad de 15 m³ para posibilitar el almacenamiento de efluentes de un día de trabajo. Contará con una fuente de agua para ser utilizada en la limpieza, o para realizar alguna dilución del material, en caso de que sea necesario. Se reorientarán hacia esta cámara las tuberías que actualmente conducen los efluentes desde los galpones hacia las lagunas, de esta manera, la cámara de carga recibirá efluentes desde los galpones del criadero, según la necesidad de desagote de sus fosas, para luego de completar los 15 m³, iniciar su descarga dentro del biodigestor. La cámara se construirá sobre nivel de suelo y sus dimensiones serán: 5 m de largo, 3 m ancho y 1 m altura, y en la parte superior será cubierta por un techo metálico tipo zinc. Por último, estará conectada con la cámara de digestión a través de 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 de efluentes de la misma.

Cámara de descarga

La cámara de descarga tendrá un volumen 2.700 m^3 , 100 m de largo, 12 m de ancho, 2,25 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 será impermeabilizada con geomembrana. La extracción del lodo fertilizante desde biodigestor hacia la cámara de descarga, se realizará con una bomba estercolera sumergible, de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, con salida de 110 mm de diámetro.

La cámara de descarga almacenará el biofertilizante hasta ser utilizado en los lotes agrícolas.

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 compresor, que recibirá el biogás del gasómetro y lo comprimirá dentro de un tubo zeppelin con capacidad para 2.500 Kg. de gas butano, los comandos electrónicos de las bombas y las llaves de paso de gas hacia los distintos puntos de consumo (caldera de maternidad y motogenerador).

2.3.2. Ingeniería de 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). Independientemente de esto, diariamente se enviarán al biodigestor 15 m^3 de efluentes provenientes de los diferentes galpones 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 110 mm 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 15 m^3 de lodo fertilizante para ser enviado a la cámara de descarga/almacenaje. El traslado de los efluentes desde los galpones se realizará en el horario del mediodía con el propósito evitar las pérdidas de calor.

Circulación y agitación del efluente en el biodigestor

El efluente circula dentro del biodigestor en “flujo pistón”, es decir, a medida que se va extrayendo el lodo fertilizante por un extremo del biodigestor, por el extremo opuesto va ingresando el material a ser tratado, garantizando que cada porción de efluente permanezca dentro de la cámara de digestión los 45 días de duración del proceso de biodigestión, 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. El mecanismo de agitación consistirá en la reinyección de biogás a través de cuatro tuberías perforadas, localizadas en el fondo de la cámara de digestión. El ingreso del biogás produce un movimiento burbujeante ascendente, y en consecuencia, un agitado vertical del material.

Extracción del lodo fertilizante

La extracción del lodo fertilizante del biodigestor se realizará por succión con una bomba estercolera sumergible que se instalará en el extremo opuesto a la cámara de carga. El lodo fertilizante será elevado hacia la cámara de descarga, donde se almacenará hasta su utilización como fertilizante agrícola.

Extracción del biogas

El biogás producido diariamente se acumula en el gasómetro del biodigestor desde donde es extraído y enviado por un compresor hacia los dos puntos de consumo: la caldera del galpón de maternidad y el motogenerador. El transporte del gas se realiza a través de una cañería de 1 pulgada de diámetro.

Almacenamiento del biogás

El principal dispositivo de almacenamiento de biogás es el gasómetro del biodigestor, que alcanza una capacidad máxima de 500 m³. 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 se pone en marcha un dispositivo de venteo del biogás a través de un quemador. El zeppelin cumple la función principal de mantener un flujo de biogás a presión constante hacia los puntos de consumo y de almacenar parte del biogás.

2.3.3. Cálculo de producción de biogás y biofertilizante

El rendimiento en biogás de los efluentes está condicionado por su procedencia y por concentración de sólidos totales, en el cuadro 4 se presentan los rendimientos en biogás de la biodigestión de distintos residuos orgánicos.

Los efluentes porcinos con una concentración de 18% ST producen entre 50 y 60 L de biogás por cada Kg de estiércol fresco. En el caso en estudio, la concentración de ST del efluente producido en los galpones es del 8,1 %, por lo que la producción por cada Kg de efluente fresco, será de 27 L de biogás.

La producción diaria de efluentes del criadero es de 15.000 L (15 m³), generando 405.350 L de biogás por día (405,35 m³). La producción diaria de biogás permite sustituir 187.66 Kg. de gas butano (ver equivalencias energéticas en cuadro 2).

Según Groppelli 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 15 m³ diarios de efluentes se obtendrán 14,7 m³ de biofertilizante.

2.3.4. Uso del biogás y del biofertilizante en el establecimiento

El biogás tendrá dos usos principales, por un lado, será destinado a la climatización de las áreas de maternidad y destete, en reemplazo del gas butano utilizado actualmente. La calefacción del piso de ambas instalaciones se realiza por loza radiante, a través de la circulación forzada de agua caliente. Por otro lado, se destinará a la producción de energía eléctrica a través de un equipo motogenerador de 30 KVA de potencia.

A continuación, en los cuadros 7 y 8, se presentan los datos de consumo actual de gas butano en el criadero y su equivalente en biogás, y el balance mensual entre producción y consumo de biogás para calefacción, obteniéndose los volúmenes remanentes para la generación de energía eléctrica.

Cuadro 7. Consumo mensual de gas butano y su equivalente en biogás

Mes	Consumo de gas butano (Kg)	Equivalencia en biogás (m ³)
Enero		
Febrero		
Marzo	600	1.296
Abril	1.000	2.160
Mayo	1.700	3.672
Junio	2.300	6.348
Julio	2.300	6.348
Agosto	2.300	6.348
Septiembre	1.700	3.672
Octubre	1.000	2.160
Noviembre	600	1.296
Diciembre		
Total	13.500	33.300

Cuadro 8. Producción mensual de biogás, demanda para calefacción y remanente

Mes	Producción mensual (m ³)	Caldera galpones (m ³)	Remanente mensual (m ³)
Enero	12.160,5	-	12.160,5
Febrero	12.160,5	-	12.160,5
Marzo	12.160,5	1.296	10.864,5
Abril	12.160,5	2.160	10.000,5
Mayo	12.160,5	3.672	8.488,5
Junio	12.160,5	6.348	5.812,5
Julio	12.160,5	6.348	5.812,5
Agosto	12.160,5	6.348	5.812,5
Septiembre	12.160,5	3.672	8.488,5
Octubre	12.160,5	2.160	10.000,5
Noviembre	12.160,5	1.296	10.864,5
Diciembre	12.160,5	-	12.160,5
Total	145.926	33.300	97.272

El biogás puede ser utilizado como combustible para motores a explosión interna. En el mercado se ofrecen motogeneradores con motores a gas de diferentes marcas. El consumo de un motogenerador de 40 Kva alcanza los 12 m³ /hs.

En el cuadro 9 se presenta el cálculo de la cantidad de días y horas de trabajo mensual posible del motogenerador, a partir del remanente de biogás calculado en el cuadro anterior.

Cuadro 9. Cálculo de tiempo de trabajo mensual del motogenerador

Mes	Remanente (m ³)	Consumo moto- generador(m ³)	Exceso/déficit (m ³)	Días trabajo/mes
Enero	12.160,5	8.640	3520,5	30
Febrero	12.160,5	8.640	3520,5	30
Marzo	10.864,5	8.640	2224,5	30
Abril	10.000,5	8.640	1360,5	30
Mayo	8.488,5	8.640	-151,5	29 d, 12 h
Junio	5.812,5	8.640	-2827,5	20 d, 4 h
Julio	5.812,5	8.640	-2827,5	20 d, 4 h
Agosto	5.812,5	8.640	-2827,5	20 d, 4 h
Septiembre	8.488,5	8.640	-151,5	29 d, 12 h
Octubre	10.000,5	8.640	1360,5	30
Noviembre	10.864,5	8.640	2224,5	30
Diciembre	12.160,5	8.640	3520,5	30

El biofertilizante producto de la biodigestión de los efluentes será aprovechado de dos maneras para los cultivos agrícolas del establecimiento: aplicado al suelo y a los cultivos. La aplicación de biofertilizante al suelo se realizará de la misma forma que se hace actualmente.

La pulverización del biofertilizante sobre los cultivos ha arrojado resultados disímiles en los escasos estudios disponibles, aún así McAndrews *et. al* (2006), indican que

pulverizaciones de biofertilizante de desechos porcinos en cultivos de soja han dado como resultado plantas de mayor altura, diámetro de tallo, concentración de P y K en grano y área foliar y un rendimiento por ha entre un 5 y 15% superior respecto de plantas no tratadas o fertilizadas con urea. Con relación al maíz los estudios disponibles no arrojan resultados convincentes sobre los efectos de la aplicación de biofertilizante de efluentes porcinos.

Cada año en el establecimiento se cultivan alrededor de 215 ha de soja, obteniéndose un rendimiento promedio de 3,15 tn/ha. Considerando estos estudios, se estima que la aplicación de biofertilizante al suelo en presiembra y al follaje en V6 produciría un aumento en el rendimiento en un 5%, lo cual implica 0,31 tn/ha adicionales.

3. Evaluación Económica y Financiera

Las inversiones que se proyecta realizar incluyen la construcción del biodigestor con todos sus componentes, la sala de comandos y la refuncionalización de las tuberías que actualmente trasladan los efluentes desde los galpones de producción. Los costos que insume el proyecto son los relacionados con la operación y el mantenimiento de las nuevas instalaciones y con la pulverización del biofertilizante sobre los cultivos. 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 biogas y energía eléctrica sustituyen el 100 y 91,5% de estos insumos respectivamente, y el aumento en el rendimiento del cultivo de soja por la acción del biofertilizante se traduce en una reducción en la compra de 67,72 tn.

Con relación a la evaluación económica y financiera, la selección de la tasa calculatoria está determinada por los objetivos del inversor. Cuando el objetivo es la maximización del retorno al capital, la tasa calculatoria no podrá ser menor a la tasa media de la cartera de inversiones del inversor; cuando son otros los objetivos que llevan al inversor a evaluar un proyecto la elección de la tasa calculatoria puede responder al costo de oportunidad promedio del dinero (tasa pasiva promedio de los Bancos o Tasa BADLAR) o al costo del dinero en plaza (Tasa de interés promedio de los créditos bancarios adecuados a la inversión propuesta). Para esta evaluación, como el objetivo principal es resolver un problema ambiental y adecuarse a las normativas vigentes para sistemas productivos intensivos, la tasa calculatoria utilizada es la tasa BADLAR³.

³ La tasa BADLAR es la tasa promedio pagada por depósitos a plazo fijo de más de un millón de pesos por entidades bancarias de Capital Federal y Gran Buenos Aires. (Banco Central de la República Argentina).

3.1. Inversiones

Cuadro 10. Inversiones

Costos de Inversión	Dimensión/Cantidad	Costo (\$)
Cámara de Carga		
Cámara de carga	15 m3 (3m x 2,5m x 2m)	7500,00
Cañería de llegada de los efluentes a la cámara de carga	32 m x 110 mm x 3,2 mm	520,00
Cañería de conexión cámara de digestión-cámara de carga	2 m x 250 mm x 5 mm	362,00
Cámara de Digestión		
Movimiento de suelo	50 m x 7,5 m x 2 m (750 m3)	12750,00
Aislante: arena sarandeada	50 m x 7,5 m x 10 cm = 37,5 m3	1482,00
Geomembrana (1.000 micrones)	666 m2	15300,00
Cordon de cemento	30 cm x 40 cm 115 m lineales	31050,00
Cañería de agitación (polietileno 1")	250 m incluye accesorios	1200,00
Gasómetro		
Geomembrana	408 m2	14800,00
Antorcha de venteo de gas excedente	1	2250,00
Cámara de Descarga		
Geomembrana	1785 m2	45900,00
Tubo de conexión cámara de digestión-cámara de descarga	2 m x 110 mm x 3,2 mm	65,00
Bomba de extracción	15 m3/h 110 mm	1355,00
Sala de Comandos		
Sala de comandos	7 m x 7 m	32500,00
Compresor de gas	1	38160,00
Motogenerador	Motor Cummins a gas	57240,00
Cañería de traslado de gas hacia la caldera de maternidad (epoxi 1")	200 m incluye accesorios	7507,50
Cañería de traslado de gas hacia el compresor (polietileno 1")	50 m	200,00
Cañería de traslado de gas hacia el motogenerador (epoxi 1")	10 m	330,00
Total Inversión		270471,50

3.2. Costos anuales generados por el proyecto

Cuadro 11. Costos anuales generados por el proyecto

Costos Anuales Generados por el Proyecto	
Mantenimiento Biodigestor	Costo (\$/año)
Cañerías	2400
Limpieza	2500
Total Mantenimiento Biodigestor	4900
Mantenimiento Motogenerador	
Reparación y mantenimiento	11142,72
Total mantenimiento motogenerador	11142,72
Pulverización Biofertilizante	
1 pulverización terrestre (UTA/ha)*	0,25
Superficie (ha)	215
Valor UTA (\$)*	142,8
Total Pulverización Biofertilizante	7675,5
Mano de Obra	
Tareas de operación y mantenimiento	19500
Total Mano de Obra	19500
Costo Anual por proyecto	43218,22

*Revista Márgenes Agropecuarios, Agosto 2011, Año 27, N° 314, p: 51.

3.3. Ingresos anuales generados por el proyecto

Cuadro 12. Ingresos anuales generados por el proyecto

Ingresos Anuales Generados por el Proyecto	
Gas	Gasto anual (7/10-6/11)
Julio	6302,32
Agosto	3248,96
Septiembre	
Octubre	3912,50
Noviembre	
Diciembre	
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	5110,00
Total (\$)	18573,78
Reemplazo	100%
Ingreso Total Gas (\$)	18573,78
Energía Eléctrica	Gasto anual (7/10-6/11)
Julio	1934,00
Agosto	2074,73
Septiembre	2234,78
Octubre	2304,70
Noviembre	2132,85
Diciembre	5466,02
Enero	3299,48
Febrero	3043,03
Marzo	3128,78
Abril	3422,58
Mayo	3329,13
Junio	6598,00
Total (\$)	38968,08
Reemplazo	91,56%
Ingreso Total E. Eléctrica	35679,17
Soja	Ingreso Anual (7/10-6/11)
Superficie (ha)	215,00
Precio neto (\$/Tn) (13%)	1072,80
Incremento rendimiento (Tn/ha)	0,315
Ingreso Total Soja (\$)	72655,38
Ingreso Anual por proyecto (\$)	126908,33

3.4. Flujo de fondos del proyecto

Cuadro 13. Flujo de fondos incremental originados por el proyecto

Flujo de Fondos Incremental Generados por el Proyecto							
Años	0	1	2	3	4	5	Total
Ingresos por proyecto		126908,33	126908,33	126908,33	126908,33	126908,33	
Valor residual de la inversión						0,00	
Total ingresos		126908,33	126908,33	126908,33	126908,33	126908,33	634541,67
Egresos efectivos por proyecto		43218,22	43218,22	43218,22	43218,22	43218,22	
Inversión	270471,50						
Total egresos	270471,50	43218,22	43218,22	43218,22	43218,22	43218,22	486562,60
Saldo incremental	-270471,50	83690,11	83690,11	83690,11	83690,11	83690,11	147979,07
	(1+r) ⁰	(1+r) ¹	(1+r) ²	(1+r) ³	(1+r) ⁴	(1+r) ⁵	
12,45%	1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	
Saldos incrementales actualizados	-270471,50	74424,29	66184,34	58856,68	52340,31	46545,41	27879,54
Período de recuero	-270471,50	-196047,21	-129862,87	-71006,19	-18665,87	27879,54	
	VAN	27879,54					
	TIR	17%					

Tasa Calculatoria: tasa BADLAR 09/2011, confeccionada por el BCRA.

3.5. Opciones de financiamiento para el proyecto

El Banco de la Nación Argentina ofrece mediante su línea de Financiación de la Actividad de Producción de Porcinos, créditos a empresas dedicadas a esa producción para ser destinados a inversiones y adquisición de capital de trabajo asociado a ellas. Ver cuadro 14.

El Banco Credicoop Cooperativo Limitado ofrece créditos de Inversión, destinados a la financiación de inversiones relacionadas con la actividad agropecuaria, y créditos para Infraestructura, Adquisición de Bienes y su Capital de Trabajo Asociado, destinados a la ampliación y/o mejoramiento de instalaciones, adquisición de bienes de uso y capital de trabajo necesario. Ver cuadro 14.

La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) junto con los bancos adheridos a este instrumento (Banco Francés, Banco de la Provincia de Buenos Aires, Banco de la Provincia de Córdoba, Banco Meridian, Banco Finansur, Banco Galicia y Banco Credicoop Coop. Ltda.), financia mediante la línea de Créditos a Empresas CAE proyectos cuyo objetivo sea mejorar la competitividad de empresas productoras de bienes y servicios a través de la Modernización Tecnológica de productos o procesos. El destino de la financiación debe ser la modificación o mejora de tecnologías de productos o procesos, respecto de las que están siendo utilizadas actualmente por las empresas, la introducción de tecnologías de gestión de la producción que potencien la competitividad; desarrollos tecnológicos necesarios para pasar de la etapa piloto

a la etapa industrial; la adquisición de tecnología incorporada en equipos nuevos para producción y el esfuerzo de ingeniería asociado al mismo; la incorporación de tecnologías de información y comunicación al proceso productivo; y la implementación de sistemas de calidad. El plazo máximo de ejecución de los proyectos es de 24 meses y pueden ser beneficiarias las empresas productoras de bienes y servicios, legalmente establecidas en el país que hayan facturado en el último ejercicio hasta doscientos cincuenta millones de pesos. Ver cuadro 14.

En cuanto a las ofertas de financiamiento específicas para inversiones en medio ambiente, el Banco Galicia propone mediante su línea de créditos Línea Medio Ambiente, financiación de inversiones en bienes de capital que contribuyan a disminuir algún impacto ambiental consecuencia de la actividad de la empresa, o mejorar su eficiencia ambiental en relación al consumo de agua, energía e insumos. Adicionalmente, el financiamiento puede colaborar en la reducción del volumen de residuos sólidos, efluentes líquidos y emisiones gaseosas. Esta línea es de reciente lanzamiento y aun no está disponible la información específica sobre tasa, plazos, período de gracia y tipo de amortización.

Por su parte, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de la Provincia de Córdoba, la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y la Secretaria de Ambiente de la Provincia de Córdoba, carecen de programas de financiamiento específico para este tipo de inversiones.

Cuadro 14. Resumen de las características de los créditos disponibles

Entidad financiera	Especificidad	Monto financiable	Plazo (años)	TNA (%)	Moneda	Sistema de amortización	Período de gracia (años)
BNA	Genérico	100 % de la inversión	7	16 hasta el año 3. BADLAR + 5 p.p.a	Pesos	Alemán	1
Credicoop Coop. Ltda.	Genérico	80 % de la inversión	4	16	Pesos	Alemán	0,5
FONTAR- Bancos adheridos	Genérico	80 % de la inversión	3	10	Pesos	Alemán	<4
			3-4	11			
			> 4	12			

3.6. Evaluación Financiera

Cuadro 15. Flujo de Fondos Incremental Generados por el proyecto con la adopción de crédito Banco Credicoop Coop. Ltda.

Con crédito Credicoop Coop. Ltda.							
Crédito	216377,20						
Cuotas	4						
Período de gracia (años)	0,50						
TNA	16,00%						
Años	0	1	2	3	4	5	Total
Ingresos	216377,20						216377,20
Interés crédito	34620,35	25965,26	17310,18	8655,09			86550,88
Amortización crédito	54094,30	54094,30	54094,30	54094,30			216377,20
Saldo después del crédito	-142808,95	3630,55	12285,64	20940,73	83690,11	83690,11	61428,19
	(1 + r) ⁰	(1 + r) ¹	(1 + r) ²	(1 + r) ³	(1 + r) ⁴	(1 + r) ⁵	
12,450%	1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	
Saldos incrementales actualizados	-142808,95	3228,59	9715,81	14726,97	52340,31	46545,41	-16251,86
Período de recupero	-142808,95	-139580,36	-129864,56	-115137,59	-62797,27	-16251,86	
VAN	-16251,86						
TIR	-3%						

Cuadro 16. Flujo de Fondos Incremental Generados por el proyecto con la adopción de crédito Banco de la Nación Argentina

Con crédito BNA							
Crédito	270471,50						
Cuotas	5						
Período de gracia (años)	1,00						
TNA hasta año 3	16,00%						
TNA a partir año 4 (BADLAR + 5 p.p.a)	17,45%						
Años	0	1	2	3	4	5	Total
Ingresos	270471,50						270471,50
Interés crédito		43275,44	34620,35	25965,26	18878,91	9439,46	132179,42
Amortización crédito		54094,30	54094,30	54094,30	54094,30	54094,30	270471,50
Saldo después del crédito	0,00	-13679,63	-5024,54	3630,55	10716,90	20156,36	15799,65
	(1 + r) ⁰	(1 + r) ¹	(1 + r) ²	(1 + r) ³	(1 + r) ⁴	(1 + r) ⁵	
12,45%	1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	
Saldos incrementales actualizados	0,00	-12165,07	-3973,54	2553,25	6702,42	11210,24	4327,30
Período de recupero	0,00	-12165,07	-16138,61	-13585,36	-6882,94	4327,30	
VAN	2314,66						
TIR	8%						

Cuadro 17. Flujo de Fondos Incremental Generados por el proyecto con la adopción de crédito FONTAR-Bancos adheridos

Con crédito FONTAR-Bancos adheridos							
Crédito	216377,20						
Cuotas	5						
Período de gracia (años)	1,00						
TNA	12,00%						
Años	0	1	2	3	4	5	Total
Ingresos	216377,20						216377,20
Interés crédito		25965,26	20772,21	15579,16	10386,11	5193,05	77895,79
Amortización crédito		43275,44	43275,44	43275,44	43275,44	43275,44	216377,20
Saldo después del crédito	-54094,30	14449,41	19642,46	24835,52	30028,57	35221,62	70083,28
	(1 + r) ⁰	(1 + r) ¹	(1 + r) ²	(1 + r) ³	(1 + r) ⁴	(1 + r) ⁵	
12,450%	1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	
Saldos incrementales actualizados	-54094,30	12849,63	15533,78	17466,05	18780,05	19588,99	30124,20
Período de recupero	-54094,30	-41244,67	-25710,89	-8244,84	10535,21	30124,20	
VAN	31212,63						
TIR	16%						

La instalación de un biodigestor para el tratamiento de efluentes en el establecimiento resulta una alternativa económicamente viable y genera una rentabilidad promedio anual del 17% (TIR). La recuperación de la inversión se concreta a los 5 años. Ver cuadro 13.

Dicha inversión es factible de financiar mediante las opciones ofrecidas por el Banco de la Nación Argentina y FONTAR-Bancos adheridos, no siendo así mediante la toma de crédito del Banco Credicoop Coop. Ltda. Ver cuadros 15, 16 y 17.

Con la adopción de crédito del Banco de la Nación Argentina, la inversión genera una rentabilidad promedio anual del 8 % y se recupera su monto inicial en el último año de duración de la misma. Ver cuadro 16. Mediante la adopción de crédito FONTAR-Bancos adheridos, la inversión genera una rentabilidad promedio anual del 16 % y se recupera su monto inicial en el cuarto año, constituyendo la opción de financiamiento más conveniente para la instalación de un biodigestor en el establecimiento en estudio. Ver cuadro 17.

4. Evaluación de Impacto Ambiental

4.1. Clasificación del Proyecto

El proyecto se clasifica como *Con medidas de mitigación ambiental conocidas*, para que permita cumplir con la normativa vigente. Existen medidas que demuestran que los impactos ambientales significativos son de manejo conocido (Anexo II, Decreto reg. 2131 de la Ley 7.343).

4.2. Identificación y caracterización de los efectos de las acciones del proyecto sobre el ambiente

Cuadro 18. Acciones del Proyecto

Fase del proyecto	Acción	
	Código	Descripción
Construcción	1.0	Adaptación de una de las lagunas existentes para que funcione como cámara de descarga.
	1.1	Excavación de la fosa de la cámara de digestión.
	1.2	Construcción del biodigestor.
	1.3	Construcción de la sala de comandos.
	1.4	Construcción de red de distribución de biogás.
	1.5	Construcción de red de evacuación de efluentes.
Funcionamiento	2.0	Biodigestión.
	2.1	Compresión del biogás.
	2.2	Transporte de biogás hacia los puntos de consumo.
	2.3	Funcionamiento del motogenerador de corriente eléctrica.
	2.4	Almacenamiento de biofertilizante.
	2.5	Aplicación de biofertilizante.
	2.6	Quemado de gas excedente.
	2.7	Consumo de gas-oil.
	2.8	Consumo de gas butano.
Abandono	No se prevé abandonar el proyecto.	

Cuadro 19. Identificación de factores

		Factor	
		Código	Descripción
Subsistema ambiental	Medio	1.0	Emisiones de GEI (gases de efecto invernadero)
		1.1	Humo
		1.2	Polvo
		1.3	Olores
		1.4	Ruido
		Flora	2.0
	2.1		Diversidad de poblaciones
	Fauna	3.0	Hábitat
		3.1	Nidificación
		3.2	Cría y alimentación
		3.3	Corredores migratorios
	Recursos hídricos	4.0	Escorrentía superficial
		4.1	Infiltración
		4.2	Percolación de efluentes hacia la napa freática.
	Suelos	5.0	Microbiología de suelos
		5.1	Nutrientes
		5.2	Materia orgánica
5.3		Estructura	
5.4		Erosión	
Socio-económico	Población	6.0	Renta: cambio en el valor de los lotes aledaños
		6.1	Tasa de empleo
		6.2	Grado de capacitación de la mano de obra
		6.3	Higiene y seguridad
		6.4	Recursos culturales
Infraestructura	Infraestructura y servicios	7.0	Infraestructura hidráulica: riesgo de accidentes
		7.1	Infraestructura energética: riesgo de accidentes
Perceptual		8.0	Calidad de visuales
		8.1	Fragmentación del paisaje

Cuadro 20. Matriz de identificación de Efectos

Acciones	Condiciones atmosféricas					Flora		Fauna			
	Emisiones GEI	Humo	Polvo	Olores	Ruido	Diversidad genética	Diversidad de poblaciones	Hábitat	Nidificación	Cría y alimentación	Corredores migratorios
1.0	x	x	x	x	x						
1.1	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
1.2					x						
1.3			x		x	x	x	x	x	x	x
1.4											
1.5											
2.0				x							
2.1											
2.2											
2.3					x						
2.4				x							
2.5											
2.6	x	x									
2.7	x	x									
2.8	x										

Acciones	Recursos hídricos			Suelos				
	Escorrentía superficial	Infiltración	Percolación de efluentes	Microbiología de suelos	Nutrientes	Materia orgánica	Estructura	Erosión
1.0			x	x	x			
1.1		x		x	x	x	x	x
1.2		x		x	x			
1.3		x		x	x	x		
1.4								
1.5								
2.0								
2.1								
2.2								
2.3								
2.4								
2.5				x	x	x	x	
2.6								
2.7								
2.8								

Acciones	Socio Económico					Infraestructura		Perceptual	
	Renta: cambio valor lotes aledaños	Tasa de empleo	Grado de capacitación	Recursos culturales	Higiene y seguridad	Infraestructura hidráulica: riesgo de accidentes	Infraestructura energética: riesgo de accidentes	Paisaje y calidad de vistas	Fragmentación del paisaje
1.0	x	x	x	x	x				
1.1		x						x	x
1.2	x	x	x	x	x	x	x	x	
1.3		x	x	x	x		x	x	x
1.4		x	x		x		x		
1.5		x	x		x	x			
2.0	x		x	x	x				
2.1							x		
2.2					x				
2.3					x		x		
2.4					x		x		
2.5				x	x				
2.6							x		
2.7									
2.8									

Cuadro 21. Descripción de los efectos del proyecto

Acción	Factor	Descripción
1.0	1.0	Contaminación por gases emitidos por los escapes de la maquinaria utilizada, gases que luego se acumularan en la atmósfera.
	1.1	Disminución del confort de los trabajadores por el humo emitido por los escapes de la maquinaria utilizada.
	1.2	Disminución del confort de los trabajadores por el polvo producido en las operaciones de adaptación de la laguna.
	1.3	Aumento del confort de los trabajadores, de la familia y vecinos por eliminación de emanación de olores desagradables por adaptación de lagunas para funcionar como cámara de carga del biodigestor.
	1.4	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por la maquinaria utilizada.
	4.2	Eliminación de la percolación de efluentes hacia la napa freática por impermeabilización del piso de la laguna.
	5.0	Alteración de la composición microbiológica del suelo debido a la impermeabilización del piso de la laguna.
	5.1	Disminución del contenido y producción de nutrientes debido a la impermeabilización del piso de la laguna.
	6.0	Aumento del valor de la tierra de terrenos aledaños por disminución de olores desagradables y contaminación de suelo y napa freática.
	6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para la impermeabilización del piso de la laguna.
	6.3	Aumento de recursos culturales por instalación de una tecnología que disminuye la contaminación.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por adaptación a la laguna para que funcione como cámara de carga del biodigestor.
1.1	1.0	Contaminación por gases emitidos por los escapes de la maquinaria utilizada, gases que luego se acumularán en la atmósfera.
	1.1	Disminución del confort de los trabajadores por el humo emitido por los escapes de la maquinaria utilizada.
	1.2	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el polvo producido por la maquinaria utilizada y la tierra removida en la excavación.
	1.4	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por la maquinaria utilizada.
	2.0	Disminución de la diversidad genética vegetal por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.
	2.1	Disminución de la diversidad de poblaciones vegetales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.
	3.0	Destrucción de hábitat de especies vegetales y animales.
	3.1	Disminución de la nidificación de especies animales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.
	3.2	Disminución de la cría y alimentación de especies animales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.
	3.3	Destrucción de corredores migratorios de especies animales.
	4.1	Disminución de la infiltración por destrucción de la cubierta vegetal.
	5.0	Alteración de composición microbiológica de los suelos debido a la remoción de capas de suelo.
	5.1	Disminución del contenido de nutrientes debido a la remoción de capas de suelo.
	5.2	Disminución del contenido de materia orgánica por remoción de capas de suelo.
	5.3	Alteración de la estructura del suelo por remoción de capas de suelo.
5.4	Aumento del peligro de erosión por remoción de capas de suelo.	
6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.	

	8.0	Disminución de la calidad de paisaje y visuales por remoción de suelo.
	8.1	Fragmentación del paisaje por excavación de la fosa.
1.2	1.4	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por las operaciones de construcción.
	4.1	Disminución de la infiltración por presencia de 1 biodigestor
	5.0	Alteración de composición microbiológica del suelo por presencia del biodigestor.
	5.1	Disminución de la producción de nutrientes debido a presencia del biodigestor.
	6.0	Aumento del valor de la tierra de terrenos aledaños por instalación de una tecnología que disminuye la contaminación.
	6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para la construcción del biodigestor.
	6.3	Aumento de recursos culturales por instalación de una tecnología que disminuye la contaminación.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por construcción del biodigestor.
	7.0	Riesgo de accidentes hidráulicos por construcción del biodigestor.
	7.1	Riesgo de accidentes energéticos por construcción del biodigestor.
	8.0	Disminución de la calidad de paisaje y visuales por presencia del biodigestor.
1.3	1.2	Disminución del confort de los trabajadores por el polvo producido en las tareas de construcción de sala de comandos.
	1.4	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por las operaciones de construcción de la sala de comandos.
	2.0	Disminución de la diversidad genética vegetal por edificación de la sala de comandos.
	2.1	Disminución de la diversidad de poblaciones vegetales edificación de la sala de comandos.
	3.0	Destrucción de hábitat de especies vegetales y animales por edificación de la sala de comandos.
	3.1	Disminución de la nidificación de especies animales por desaparición de la vegetación y por presencia de la sala de comandos.
	3.2	Disminución de la cría y alimentación de especies animales por desaparición de la vegetación y por presencia de la sala de comandos.
	3.3	Destrucción de corredores migratorios de especies animales desaparición de la vegetación y por presencia de la sala de comandos.
	4.1	Ausencia de infiltración por presencia de la sala de comandos.
	5.0	Alteración de composición microbiológica del suelo por presencia de la sala de comandos.
	5.1	Disminución de la producción de nutrientes debido a presencia de la sala de comandos.
	5.2	Disminución del contenido y producción de materia orgánica por presencia de la sala de comandos.
	6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para a la construcción de la sala de comandos.
	6.3	Aumento de recursos culturales por instalación de tecnologías que contribuyen a disminuir la contaminación.
6.4	Aumento de la higiene y seguridad por adecuada instalación de maquinaria e instrumental en la sala de comandos.	
	7.1	Riesgos de accidentes energéticos por instalación de maquinaria e instrumental en la sala de comandos.

	8.0	Disminución de la calidad del paisaje y visuales debido a la presencia de la sala de comandos.
	8.1	Fragmentación del paisaje por presencia de la sala de comandos.
1.4	6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para a la construcción de la red de distribución de biogás.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por construcción de la red de distribución de biogás.
	7.1	Disminución del riesgo de accidentes energéticos por construcción adecuada de la red de distribución de biogás.
1.5	6.1	Aumento temporario de la tasa de empleo.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para a la construcción de la red de evacuación de efluentes.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por construcción adecuada de la red de evacuación de efluentes.
	7.0	Disminución del riesgo de accidentes hidráulicos por adecuada construcción de la red de evacuación de efluentes.
2.0	1.3	Eliminación de emanación de olores desagradables por el proceso de digestión anaeróbica de los efluentes porcinos.
	6.0	Aumento del valor de la tierra de terrenos aledaños por funcionamiento de una tecnología de tratamiento de efluentes que contribuye a disminuir la contaminación.
	6.2	Aumento de la capacitación de los trabajadores permanentes para la operación del sistema de biodigestión.
	6.3	Aumento de recursos culturales por funcionamiento de una tecnología de tratamiento de efluentes que contribuye a disminuir la contaminación.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por digestión anaeróbica de los efluentes porcinos.
2.1	7.1	Riesgo de accidentes energéticos asociados a la compresión de biogás.
2.2	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por circulación y consumo de biogás obtenido de manera no contaminante.
2.3	1.4	Disminución del confort de los trabajadores dentro de la sala de comandos por el ruido emitido por el motogenerador.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por generación de corriente eléctrica utilizando biogás.
2.4	1.3	Aumento del confort de los trabajadores y de la familia por ausencia de olores desagradables en el almacenamiento de biofertilizante.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por almacenamiento de biofertilizante inocuo.
2.5	5.0	Aumento de la microbiología de los suelos de cultivo por aplicación de biofertilizante.
	5.1	Aumento del contenido de nutrientes de los suelos de cultivo por aplicación de biofertilizante.
	5.2	Aumento del contenido de materia orgánica de los suelos de cultivo por aplicación de biofertilizante.
	5.3	Mejora de la estructura de los suelos de cultivo por aplicación de biofertilizante.
	6.3	Aumento de recursos culturales por aplicación de biofertilizante.
	6.4	Aumento de la higiene y seguridad por aplicación de biofertilizante inocuo.
2.6	1.0	Contaminación por gases de efecto invernadero emitidos por la quema de biogás excedente, gases que luego se acumularan en la atmósfera.
	1.1	Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el humo producido por la quema de biogás excedente.

	7.1	Riesgo de accidentes energéticos asociados a la quema de biogás excedente.
2.7	1.0	Disminución de la contaminación por gases emitidos por los escapes de las maquinarias que funcionan con gas-oil, por disminución de su utilización como fuente de energía.
	1.1	Disminución del confort de los trabajadores por el humo emitido por los escapes de las maquinarias que utilizan gas-oil.
2.8	1.0	Disminución de la contaminación por gases emitidos durante la combustión de gas butano, por disminución de su utilización como fuente de energía.

Cuadro 22. Caracterización de los efectos del proyecto

Acción	Factor	Caracterización del efecto										
		Signo	Momento	Inmediatez	Posibilidad de Recupero	Persistencia	Acumulativo	Sinergia	Periodicidad	Continuidad	Reversibilidad	Incidencia
1.0	1.0	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.1	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.2	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.3	+	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Nsin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.4	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Nsin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	4.2	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.0	-	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.1	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.0	+	M	Ind.	Rec.	Temp.	Acum.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.3	+	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100	
1.1	1.0	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.1	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.2	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.4	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Nsin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	2.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	2.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	3.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	3.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	3.2	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	3.3	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	4.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	5.0	-	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	5.1	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	5.2	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
5.3	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100	

	5.4	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	8.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
	8.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Irreg.	Cont.	Rev.	100
1.2	1.4	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Nsin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	4.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.0	-	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.1	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.0	+	M	Ind.	Rec.	Temp.	Acum.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.3	+	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.0	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Simp.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Simp.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
8.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Irreg.	Cont.	Irrev.	100	
1.3	1.2	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	1.4	-	C	Dir.	Nrec.	Temp.	Simp.	Nsin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	2.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	2.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	3.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	3.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	3.2	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	3.3	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	4.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.0	-	M	Ind.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.1	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	5.2	-	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.3	+	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.1	-	C	Dir.	Rec.	Perm.	Simp.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
8.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Irreg.	Cont.	Irrev.	100	

	8.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Irreg.	Cont.	Irrev.	100
1.4	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.1	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Simp.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
1.5	6.1	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Simp.	Sin.	Irreg.	Disc.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.0	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Simp.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
2.0	1.3	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.0	+	C	Dir.	Rec.	Temp.	Acum.	Sin.	Irreg.	Disc.	Rev.	100
	6.2	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.3	+	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
2.1	7.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Disc.	Irrev.	100
2.2	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
2.3	1.4	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
2.4	1.3	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Nsin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
2.5	5.0	+	M	Ind.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
	5.1	+	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
	5.2	+	M	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
	5.3	+	M	Ind.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Rev.	100
	6.3	+	M	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	6.4	+	C	Dir.	Rec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
2.6	1.0	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	1.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	7.1	-	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
2.7	1.0	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
	1.1	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100
2.8	1.0	+	C	Dir.	Nrec.	Perm.	Acum.	Sin.	Per.	Cont.	Irrev.	100

Referencias

Signo	+	Positivo	-	Negativo		
Momento	C	Corto	M	Mediano	L	Largo Plazo
Inmediatez	Dir.	Directo	Ind.	Indirecto		
Posibilidad Recupero	Rec.	Recuperable	Nrec.	No Recuperable		
Persistencia	Perm.	Permanente	Temp.	Temporario		
Acumulativo	Simp.	Simple	Acum.	Acumulativo		
Sinergia	Sin	Sinérgico	NSin	No Sinérgico		
Periodicidad	Per.	Periódico	Irregular	Irregular		
Continuidad	Cont.	Continuo	Disc.	Discontinuo		
Reversibilidad	Rev.	Reversible	Irrev.	Irreversible		
Incidencia	%					

4.3. Valoración del Impacto

Cuadro 23. Valoración cualitativa de los impactos del proyecto

Acción	Factor	Calidad Ambiental		Clasificación del Impacto
		Sin Proyecto	Con proyecto	
1.0	1.0	5	3	Moderado
	1.1	5	4	Muy Moderado
	1.2	5	4	Muy Moderado
	1.3	2	5	Medio
	1.4	5	4	Muy Moderado
	4.2	2	5	Medio
	5.0	3	2	Muy Moderado
	5.1	3	2	Muy Moderado
	6.0	3	4	Muy Moderado
	6.1	3	5	Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.3	3	5	Moderado
6.4	2	5	Medio	
1.1	1.0	5	3	Moderado
	1.1	5	4	Muy Moderado
	1.2	5	4	Muy Moderado
	1.4	5	3	Moderado
	2.0	5	1	Importante
	2.1	5	1	Importante
	3.0	5	2	Medio
	3.1	5	2	Medio
	3.2	5	2	Medio
	3.3	5	2	Medio
	4.1	5	3	Moderado
	5.0	5	3	Moderado
	5.1	5	3	Moderado
	5.2	5	3	Moderado
	5.3	5	2	Medio
	5.4	5	3	Moderado
	6.1	3	4	Muy Moderado
8.0	4	3	Muy Moderado	
8.1	4	3	Muy Moderado	
1.2	1.4	5	4	Muy Moderado
	4.1	5	1	Importante
	5.0	5	3	Moderado
	5.1	5	3	Moderado
	6.0	3	4	Muy Moderado
	6.1	3	4	Muy Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.3	3	5	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
	7.0	5	4	Muy Moderado
	7.1	5	4	Muy Moderado
8.0	5	3	Moderado	
1.3	1.2	5	3	Moderado
	1.4	5	4	Muy Moderado
	2.0	5	1	Importante
	2.1	5	1	Importante
	3.0	5	1	Importante
	3.1	5	1	Importante
	3.2	5	1	Importante

	3.3	5	1	Importante
	4.1	5	1	Importante
	5.0	5	2	Medio
	5.1	5	2	Medio
	5.2	5	2	Medio
	6.1	3	4	Muy Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.3	3	5	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
	7.1	5	4	Muy Moderado
	8.0	4	3	Muy Moderado
	8.1	3	2	Muy Moderado
1.4	6.1	3	4	Muy Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
	7.1	3	4	Muy Moderado
1.5	6.1	3	4	Muy Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
	7.0	3	4	Muy Moderado
2.0	1.3	2	5	Medio
	6.0	3	4	Muy Moderado
	6.2	3	5	Moderado
	6.3	3	5	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
2.1	7.1	5	4	Muy Moderado
2.2	6.4	3	5	Moderado
2.3	1.4	5	3	Moderado
	6.4	3	5	Moderado
2.4	1.3	2	5	Medio
	6.4	2	5	Medio
2.5	5.0	3	5	Moderado
	5.1	3	5	Moderado
	5.2	3	5	Moderado
	5.3	4	5	Muy Moderado
	6.3	3	5	Moderado
	6.4	2	5	Medio
2.6	1.0	5	3	Moderado
	1.1	5	4	Muy Moderado
	7.1	5	4	Muy Moderado
2.7	1.0	3	4	Muy Moderado
	1.1	4	5	Muy Moderado
2.8	1.0	2	5	Medio

Referencias

5	Calidad Ambiental muy alta
4	Calidad Ambiental alta
3	Calidad Ambiental media
2	Calidad Ambiental baja
1	Calidad Ambiental muy baja

4.4. Programa de Vigilancia Ambiental

4.4.1. Elementos objeto de vigilancia

- i. Construcción de planta de biodigestión.
- ii. Impactos detectados en este estudio, cuya importancia relativa es baja pero que necesitan verificación periódica, por probables cambios en sus condiciones de valor, tiempo y lugar previstos.
- iii. Impactos no previsible en la etapa de proyecto.

4.4.2. Método de vigilancia

- i. Para la construcción de planta de biodigestión.

Indicadores de realización: presencia de la obra física funcionando.

Indicadores de efectos:

- Olores desagradables.

Umbrales de alerta:

- Presencia de olores desagradables.

Umbrales inadmisibles:

- Presencia de olores desagradables.

Calendario de comprobación: todos los días durante una semana, con una frecuencia mensual, siendo más importante respetar esta frecuencia en los meses de verano, cuando la tasa de producción olores es mayor, por las altas temperaturas.

Puntos de comprobación: zona de la planta de tratamiento de desechos porcinos.

Requerimientos del personal encargado: técnico agrónomo, ingeniero agrónomo o veterinario.

Medidas de urgencia: revisión técnica del sistema de biodigestión.

ii. Para los impactos detectados en este estudio se recomienda la realización de la misma evaluación cualitativa de efectos ambientales realizada en este estudio, con una frecuencia semestral, a cargo de un ingeniero agrónomo o veterinario. Ante la detección de algún cambio en las características evaluadas, se recomienda su estudio para definir la necesidad de aplicación medidas protectoras, correctoras y/o de mitigación de los impactos.

iii. Para los impactos no previsible en la etapa de proyecto, se recomienda la EIA durante la etapa de funcionamiento, con una frecuencia anual, a cargo de un ingeniero agrónomo y con el asesoramiento de un plantel multidisciplinario.

CONCLUSIONES

Luego de finalizar este trabajo se concluye que la instalación de un biodigestor para el tratamiento de los efluentes porcinos en el establecimiento estudiado constituye una alternativa económicamente viable, permite cumplir con lo exigido por la legislación provincial y su impacto ambiental es positivo.

La instalación del biodigestor reduce los costos de producción mediante la sustitución de energías no renovables como el gas y la energía eléctrica por biogás, producto del reciclado de los efluentes y aumenta los beneficios a través del incremento en el rendimiento del cultivo de soja por acción del biofertilizante.

En la actualidad no existen, en los organismos públicos oficiales, tanto relacionados con la protección ambiental como con la producción agropecuaria, propuestas de financiamiento específicas que sean adecuadas para desarrollar una inversión de estas características. Aún así, la inversión aquí estudiada puede ser financiada con algunas de las líneas de financiamiento generales existentes en las instituciones públicas y privadas.

La construcción y funcionamiento del biodigestor tiene impactos positivos sobre el medio ambiente local, principalmente por la reducción en la emisión de metano y olores desagradables, la mejora de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo resultante de la aplicación de biofertilizante, y el reemplazo de energías no renovables por biogás.

La estrategia si bien fue analizada para un caso particular, puede ser replicada en otros establecimientos de características similares en la zona Sur de la provincia de Córdoba.

Este trabajo constituye una primera aproximación a la búsqueda de soluciones a los efectos ambientales generados por las producciones animales intensivas en el Sur de Córdoba, es necesario seguir profundizando estos y otros estudios para llegar a propuestas de carácter más general y de fácil adopción por parte de los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. 2011. Tasa BADLAR. Disponible en www.bcra.gov.ar. Consultado 09/09/11.
- CÓRDOBA, J. 1989. Notas de clase Proyectos Agropecuarios. Curso Internacional de Planificación Regional Agropecuaria. INTA, Unidad Integrada Balcarce.
- ESPINOZA, G. 2002. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. BID – CED, Santiago, Chile.
- GÓMEZ OREA, D. 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: un Instrumento Preventivo para la Gestión Ambiental. Mundi Prensa y Ed. Agrícola Española, Madrid, España.
- GRAPELLI, E. S. y O. A. GIAMPAOLI. 2001. El Camino de la Biodigestión, Ambiente y Tecnología Socialmente Apropriada. Centro de Publicaciones UNL/Fundación Proteger, Santa Fe, Argentina.
- HILBERT, J. A. (S.d). Manual para la Producción de Biogás. Instituto de Ingeniería Rural. INTA- Castelar.
- HONORABLE CONGRESO DE LA NACIÓN ARGENTINA. 1994. Ley: 24.354 Inversiones Públicas.
- HONORABLE CONGRESO DE LA NACIÓN ARGENTINA. 2002. Ley: 25.675 Ley General del Ambiente.
- IAIA – IEA. 1999. Principles of Environmental Impact Assessment Best Practice.
- JOLLIVET, M. 1994. Agricultura e Meio Ambiente: reflexões sociológicas. Estudos Econômicos USP, vol. 24.
- KOTSOPOULOSA T.A., KARAMANLIS, X., DOTAS, D. y G.G. MARTZOPOULOS. 2007. The Impact of Different Natural Zeolite Concentrations on the methane Production in Thermophilic Anaerobic Digestion of Pig Waste. Biosystem Engineering. Elsevier Ltd. p:1.
- LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. 1990. Ley: 7343 Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente.
- LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. 2000. Decreto N° 2131 Reglamentario del Capítulo IX “Del Impacto Ambiental” de la Ley 7343.
- LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA 2006. Ley: 9306 Regulación de los Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA).
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA DE LA NACION. 2010. Boletín de Información Porcina. p: 1-2.
- MORENO, A y J. M. TELECHEA. 2011. Monitoreo y Estudio de Cadenas de Valor ONCAA: Informe de la Cadena Porcina. ONCCA. p: 8

- MCANDREWS, G. A., LIEBMAN, M., CAMBARDELLA, C. A. y T. L. RICHARD. 2006. Residual Effects of Composted and Fresh Solid Swine (*Sus scrofa* L.) Manure on Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Growth and Yield. *Agronomy Journal* 98. p: 873-882.
- PAPOTTO, D. 2006. Producción Porcina en Argentina, Pasado, Presente y Futuro. Memorias del V Congreso de Producción Porcina del MERCOSUR. Río Cuarto-Córdoba, Argentina. p: 1-4.
- ROURA, H. y H. CEPEDA. 1999. Manual de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Rural. ILPES. Publicación de las Naciones Unidas, Santiago, Chile.
- SABATER, J. y J. LOBO. (S.d.). Tratamiento, Reducción y Valorización de Purines de Cerdo. Disponible en www.aecientificos.es/empresas/aecientificos/intereshtml/purines/purines.htm Consultado 05/04/11.
- SAPAG CHAIN, N. y R. SAPAG CHAIN. 2003. Preparación y Evaluación de Proyectos. 4ta ed. McGraw-Hill/Interamericana Editores, Méjico DF, Méjico.
- SUÁREZ, R., LOMELLO, V. y F. GIOVANNINI. 2007. Material de Lectura Curso Administración Rural, Módulo II. FAV-UNRC.

ANEXOS

CONSTITUCIÓN NACIONAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA:

Artículo 41.- Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

Artículo 124.- Las provincias podrán crear regiones para el desarrollo económico y social y establecer órganos con facultades para el cumplimiento de sus fines y podrán también celebrar convenios internacionales en tanto no sean incompatibles con la política exterior de la Nación y no afecten las facultades delegadas al Gobierno federal o el crédito público de la Nación; con conocimiento del Congreso Nacional. La ciudad de Buenos Aires tendrá el régimen que se establezca a tal efecto. Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.

Ley 24.354, INVERSIÓN PÚBLICA:

Artículo 2.- A los efectos del cumplimiento de la presente Ley, se entiende por jurisdicción cada una de las siguientes unidades institucionales en el orden nacional: a) Poder Legislativo Nacional y órganos de control; b) Poder Judicial de la Nación; c) Poder Ejecutivo Nacional.

Sector Público Nacional: el conjunto de todas las jurisdicciones de la administración nacional conformado por la administración central y los organismos descentralizados, sean o no autárquicos, incluyendo las instituciones de seguridad social, el Banco Central de la República Argentina, los bancos públicos nacionales y organismos autárquicos de carácter financiero del Estado Nacional; las empresas y sociedades del Estado, sociedades anónimas con participación estatal mayoritaria, sociedades de economía mixta y todas aquellas otras organizaciones empresariales donde el Estado Nacional tenga participación mayoritaria en el capital o en la formación de las decisiones societarias y los entes binacionales que integre el Estado Nacional.

Inversión Pública Nacional: La aplicación de recursos en todo tipo de bienes y de actividades que incrementen el patrimonio de las entidades que integran el sector público nacional, con el fin de iniciar, ampliar, mejorar, modernizar, reponer o reconstruir la capacidad productora de bienes o prestadora de servicios.

Proyecto de inversión pública: Toda actividad del sector público nacional, que implique la realización de una inversión pública.

Ciclo de vida de los proyectos de inversión: El proceso que comprende las siguientes etapas y subetapas:

a) Preinversión:

1. Identificación inicial y diseño preliminar.
2. Formulación y evaluación integrada, que contemple los aspectos socioeconómicos, financieros, técnicos, e institucionales.
3. Estudios de factibilidad o impacto ambiental en los proyectos que se detallan en el Anexo I de esta Ley. En ese caso las normas y los procedimientos deberán ajustarse a lo establecido en el Anexo II de esta Ley.

4. Análisis de financiamientos alternativos.

5. Programación de la Ejecución, en uno o más ejercicios financieros;

b) Inversión:

1. Decisión sobre la inclusión en el plan nacional de inversiones públicas y en el presupuesto nacional.

2. Gestión o ejecución de la inversión y control concomitante o seguimiento de los avances físicos y financieros.

3. Puesta en marcha o aplicación de prueba de los activos en las actividades de producción de cada jurisdicción o entidad pública.

c) Control o evaluación ex post:

1. Medición de los resultados.

2. Comparación de los resultados con los objetivos, con ponderación de los desvíos.

3. Interpretación y propuesta de correcciones o mejoras.

Plan nacional de inversiones públicas: El conjunto de programas y proyectos de inversión pública que hayan sido propuestos para su ejecución.

Inventario de proyectos de inversión pública: El sistema de información que contendrá los proyectos de inversión pública identificados por los organismos responsables, con su formulación y evaluación.

Sistema Nacional de Inversiones Públicas: el conjunto de principios, la organización, las normas, los procedimientos y la información necesarios para la formulación y gestión del plan nacional de inversiones públicas y el mantenimiento y actualización del inventario de proyectos de inversión pública.

La aplicación de la presente ley a las jurisdicciones enunciadas en los incisos a) y b) de este artículo, sólo tendrá lugar una vez que las autoridades respectivas hayan adherido formalmente al régimen instaurado por la misma.

Ley 25.675, LEY GENERAL DEL AMBIENTE:

Instrumentos de la política y la gestión ambiental

Artículo 8.- Los instrumentos de la política y la gestión ambiental serán los siguientes:

1. El ordenamiento ambiental del territorio.
2. La evaluación de impacto ambiental.
3. El sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas.
4. La educación ambiental.
5. El sistema de diagnóstico e información ambiental.
6. El régimen económico de promoción del desarrollo sustentable.

Evaluación de impacto ambiental

Artículo 11.- Toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución.

Artículo 12.- Las personas físicas o jurídicas darán inicio al procedimiento con la presentación de una declaración jurada, en la que se manifieste si las obras o actividades afectarán el ambiente. Las autoridades competentes determinarán la presentación de un estudio de impacto ambiental, cuyos requerimientos estarán detallados en ley particular y, en consecuencia, deberán realizar una evaluación de impacto ambiental y emitir una declaración de impacto ambiental en la que se manifieste la aprobación o rechazo de los estudios presentados.

Artículo 13.- Los estudios de impacto ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos.

Ley 9.306, REGULACIÓN DE LOS SISTEMAS INTENSIVOS Y CONCENTRADOS DE PRODUCCIÓN ANIMAL (SICPA):

Capítulo VII, Obligaciones de los establecimientos.

Artículo 15.- Tratamiento de las excretas. LOS establecimientos con Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA), deben tener un sistema de tratamiento permanente de las excretas a través de biodigestores, plantas de tratamiento de

líquidos residuales u otros alternativos aprobados o sugeridos por la Autoridad de Aplicación, para el caso de ganado bovino, porcino, caprino, ovino y equino, como así también un tratamiento diferenciado en el caso de cría intensiva para la deposición de excretas en camas, para las producciones avícolas y cunícolas, a fin de evitar todo escurrimiento o vuelco directo a las cuencas mencionadas en el artículo 7° de la presente Ley, contemplando su disposición final.

Artículo 16.- Evaluación del impacto ambiental. LOS establecimientos con Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA) Comerciales ya instalados, deben presentar dentro del plazo previsto en el artículo 10 de la presente Ley, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de acuerdo a lo establecido por la Ley No 7343, sus modificatorias y su Decreto Reglamentario No 2131/00, contemplando los siguientes aspectos: a) Instalaciones necesarias para tratamiento de residuos (estiércol, animales muertos, líquidos, etc.); b) Contaminación del suelo y del agua; c) Control de las condiciones de higiene y seguridad para el personal involucrado en las operaciones; d) Control de vectores de enfermedades que puedan afectar la salud humana (insectos, larvas y roedores); e) Verificación de cortinas forestales perimetrales adecuadas a la dirección de los vientos; f) Existencia de corrales para animales enfermos y/o en recuperación, los que deberán estar aislados del sector de animales sanos; g) Canales de conducción de efluentes y lagunas para el tratamiento de los mismos, y h) Verificación de la localización en zonas críticas y/o sensibles.

Ley 7.343. PRINCIPIOS RECTORES PARA LA PRESERVACION, CONSERVACION, DEFENSA Y MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE

Capítulo IX, Del impacto ambiental.

Artículo 49. Las personas, sean éstas públicas o privadas responsables de obras y/o acciones que degraden o sean susceptibles de degradar el ambiente, quedan obligadas a presentar, conforme el reglamento respectivo, un estudio e informe de evaluación de impacto ambiental en todas las etapas de desarrollo de cada proyecto.

Artículo 51. La autorización prevista en el artículo 50 será otorgada por la AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE SOCIEDAD DEL ESTADO, conforme al reglamento respectivo, previo cumplimiento de las especificaciones contenidas en los artículos precedentes.

Artículo 52. Se consideran actividades degradantes o susceptibles de degradar el ambiente: Inc. a) Las que contaminan directa o indirectamente el suelo, agua, aire, flora, fauna, paisaje, y otros componentes tanto naturales como culturales del ecosistema. Inc. b) Las que modifiquen la topografía. Inc. c) Las que alteren o destruyan directa o indirectamente, parcial o totalmente, individuos y poblaciones de la flora y fauna. Inc. d)

Las que modifiquen las márgenes, cauces, caudales, régimen y comportamiento de las aguas superficiales o aguas lóaticas. Inc. e) Las que alteren las márgenes, fondos, régimen y conducta de las aguas superficiales no corrientes o aguas láticas o lenáticas. Inc. f) Las que alteran la naturaleza y comportamiento de las aguas en general y su circunstancia. Inc. g) Las que emitan directa o indirectamente ruido, calor, luz, radiación ionizante y otros residuos energéticos molestos o nocivos. Inc. h) Las que modifiquen cuali-cuantitativamente la atmósfera y el clima. Inc. i) Las que propenden a la acumulación de residuos, desechos, y basuras sólidas. Inc. j) Las que producen directa o indirectamente la eutroficación cultural de las masas superficiales de agua. Inc. k) Las que utilicen o ensayen armas químicas, biológicas, nucleares y de otros tipos. Inc. l) Las que agoten los recursos naturales renovables y no renovables. Inc. ll) Las que favorecen directa o indirectamente la erosión eólica, hídrica, por gravedad y biológica. Inc. m) Cualquier otra actividad capaz de alterar los ecosistemas y sus componentes tanto naturales como culturales y la salud y bienestar de la población.

Decreto N° 2131, REGLAMENTARIO DEL CAP. IX “DEL IMPACTO AMBIENTAL” DE LA LEY 7.343.

Artículo 1º. A los fines del presente Decreto, enténdese por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), al proceso de administración ambiental destinado a prevenir los efectos que determinadas políticas y/o proyectos pueden causar en la salud del hombre y/o en el ambiente. Quedan comprendidos en el término “proceso de administración ambiental”, la documentación ambiental definida por la autoridad de aplicación, que constituirá a) un aviso de proyecto (AP), b) un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) o c) una auditoría ambiental (AA), que debe ser presentada por el proponente con carácter de declaración jurada. Conforman también aspectos vinculados al proceso de administración ambiental la información pública, y la valoración crítica de las actuaciones con el pronunciamiento final, debidamente fundado por parte de la Agencia Córdoba Ambiente Sociedad del Estado.

Artículo 2º. Enténdase por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento jurídico administrativo, dictado con la participación de la autoridad correspondiente, que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto, obra o actividad produciría en caso de ser ejecutado; así como la prevención, corrección y valoración de los mismos.

Artículo 3º. Enténdase por Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) al estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la

calidad de vida del hombre y el ambiente en general. Los contenidos mínimos serán establecidos por la autoridad de aplicación por vía resolutive.

Artículo 4º. Entiéndase por Auditoria Ambiental (AA) al proceso de revisión sistemático, documentado, periódico y objetivo de una actividad y/o acción determinada, que consiste en la obtención de evidencias y su evaluación con el fin de determinar si las actividades, los incidentes, las condiciones y los sistemas de gestión ambiental adoptados, o la información sobre estos temas, cumplen con criterios ambientales y normativas vigentes.

Artículo 5º. Entiéndase por Proyecto a una propuesta a desarrollar en un determinado tiempo y lugar.

Puede estar referido tanto a políticas de gobierno, generales o sectoriales, programas provinciales, regionales o locales, proyectos de construcciones o instalaciones, como a otras intervenciones sobre el medio natural o modificado, comprendidas entre otras las modificaciones del paisaje, la explotación de recursos naturales, los planes de desarrollo, las campañas de aplicación de biocidas, los cambios de uso de la tierra.

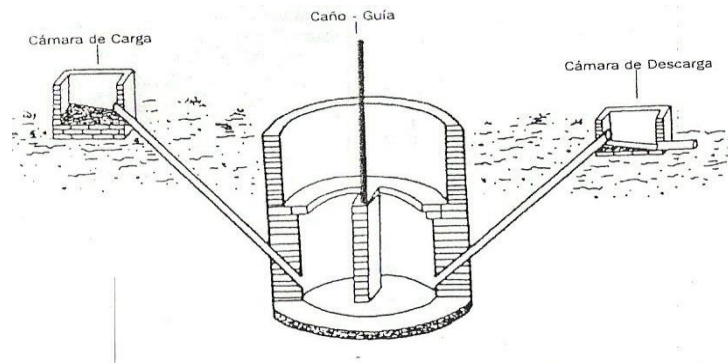
Sus principales modalidades son: Aviso de Proyecto, Evaluación de Impacto Ambiental o Auditoria Ambiental las que pueden incluir:

1. Idea, prefactibilidad, factibilidad y diseño,
2. Concreción, construcción o materialización;
3. Desarrollo de acciones, Operación de las obras o instalaciones;
4. Clausura o desmantelamiento;
5. Post clausura o post desmantelamiento.
6. Auditoría de cierre.
7. Estudios de Impacto Ambiental ExPost.

Artículo 6º. Entiéndase por Licencia Ambiental al documento de autorización emitido por la Agencia Córdoba Ambiente Sociedad del Estado como resultado de la Evaluación del impacto ambiental o de la Auditoria Ambiental y avalado por pronunciamiento fundado mediante Resolución y verificación de cumplimiento de las condiciones requeridas en dicha Resolución.

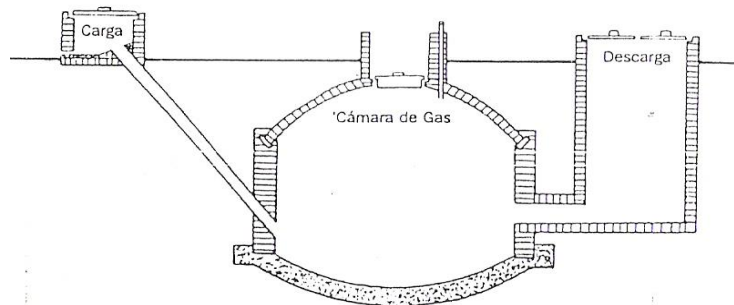
Artículo 7º. Las personas sean públicas o privadas, responsables de proyectos incluidos en el presente Decreto, deberán contar en forma previa a toda implementación, ejecución y/o acción, con la correspondiente autorización expedida por la Agencia Córdoba Ambiente Sociedad del Estado, que acredite la concordancia de los mismos con los principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, establecidos en la ley N° 7343, y que se denominará licencia ambiental.

Figura 1. Esquema de un biodigestor tipo Hindú



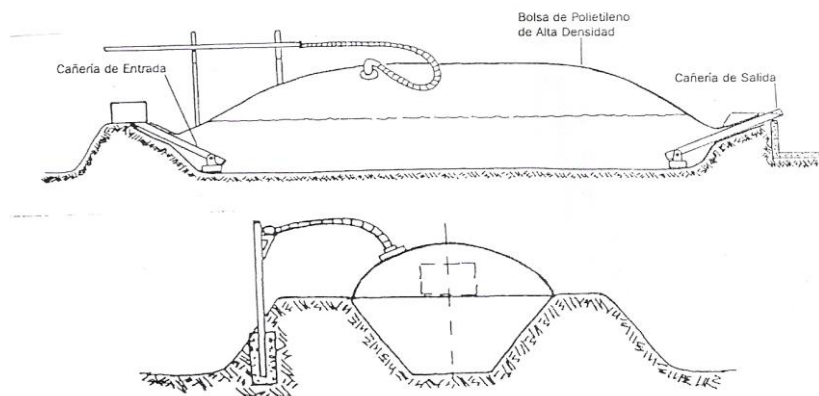
Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2001

Figura 2. Esquema de un biodigestor tipo Chino



Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2001

Figura 3. Esquema de un biodigestor de desplazamiento horizontal



Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2001

Figura 4. Foto satelital del establecimiento

