INSTITUTO TECNOLOGICO DE BUENOS AIRES

·UNIVERSIDAD PRIVADA·

TESIS DE GRADO

EN INGENIERIA INDUSTRIAL

RECUPERACION DE BIOGAS Y FERTILIZANTES EN GRANJAS DE CERDOS

Descripción de la tecnología.

Perspectivas a nivel país.

Estudio de un caso.

AUTOR: JERONIMO CAPATTI

LEGAJO: 45.324

DIRECTOR DE TESIS:

ING. FELIX T. JONAS

2010

DESCRIPTOR BIBLIOGRAFICO

El trabajo se organiza en cuatro secciones, cada una con un objetivo específico:

1. En la primera de ellas se efectúa una descripción genérica de la tecnología de digestión anaeróbica: los procesos involucrados, las salidas y entradas, las variables que influyen en los resultados, los equipos requeridos y las alternativas constructivas, los riesgos y oportunidades.

2. En la segunda parte se caracteriza al sector porcino argentino: su evolución en los últimos años, los procesos e instalaciones utilizadas, la ubicación y escala de los productores. Se caracteriza también, por su relevancia para el proyecto, el consumo de energía por parte del sector ganadero. A su vez, se analiza brevemente el mercado de los fertilizantes en Argentina y las posibilidades de reducción de emisiones de GEIs. Por último, se efectúa un relevamiento del marco normativo e institucional pertinente.

3. La tercera sección consiste en la selección de una tecnología y dimensionamiento de una solución para un productor en concreto, representativo del resto del sector. El segmento incluye un breve análisis de pre-factibilidad técnica-financiera.

4. La última sección está destinada a las conclusiones que se desprenden de la investigación realizada.

TAGS: Granja intensiva de cerdos, Biogás, Energías renovables, Fertilizantes orgánicos, CERs, GEIs, Digestión anaeróbica, Tratamiento de efluentes ganaderos, Biodigestor.

RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años, se ha hablado mucho en Argentina y en el resto del mundo sobre la energía: la escasez de la misma, la dependencia en fuentes no renovables, los problemas ambientales derivados de su generación y sus crecientes costos. El país cuenta con una matriz energética excesivamente dependiente de fuentes no renovables (principalmente el gas). Adicionalmente, la escasez de estas fuentes durante los últimos años ha tenido impactos negativos en el desarrollo y crecimiento industrial argentino.

Paralelamente, ante la necesidad de mejorar la productividad y con la incorporación de nuevas tecnologías, el sector agrícola-ganadero ha ido transformándose progresivamente en un modelo de producción intensivo. La expansión e intensificación de la agricultura no sólo ha reducido las áreas dedicas a la ganadería, sino que adicionalmente ha reforzado la necesidad de fertilizar el suelo para compensar las mayores tasas de extracción de nutrientes. Es por ello, que hoy en día, el mercado de los fertilizantes se encuentra en plena expansión, con precios que se incrementan año tras año. A su vez, la intensificación de la ganadería plantea grandes desafíos en cuanto a la sanidad animal, la gestión de los residuos generados y su impacto ambiental.

Existen tecnologías que, mediante la digestión anaeróbica de los residuos pecuarios, pueden recuperar energía y fertilizantes con un impacto ambiental muy positivo. Estas tecnologías ya se encuentran ampliamente difundidas en muchos países desarrollados y comienzan a implementarse en nuestro país con muy buenos resultados. La siguiente investigación tiene por objetivo estudiar las tecnologías disponibles para implementar estos procesos, evaluar el potencial de aplicación a nivel nacional en las granjas de producción porcina intensiva, y efectuar un estudio de prefactibilidad de aplicación para un caso concreto.

Entre las ventajas principales de esta tecnología se destacan:

- La producción de una fuente de energía renovable (un gas con alto contenido de metano)
- La producción de bio-fertilizantes, capaces de reemplazar y complementarse con fertilizantes inorgánicos, con propiedades positivas adicionales.
- La reducción de impactos ambientales: olores, contaminación de aguas, emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), proliferación de plagas.
- La reducción de los costos de manejo de excretas y del territorio requerido para la expansión de ganado.

Por estos motivos, la tecnología propuesta puede contribuir a mejorar la rentabilidad del negocio, con un impacto ambiental positivo.

ABSTRACT

During the last years, much has been spoken in Argentina and the rest of the world about Energy: shortages, high dependence on nonrenewable sources, environmental problems arising from its generation and rising costs. Our country has an energy matrix that is excessively dependent on nonrenewable energy sources (mainly gas) that have shortened during recent years, with negative impacts on the Argentine industrial development and growth.

At the same time, due to the need to improve productivity and thanks to the incorporation of new technologies, agriculture and livestock have gradually transformed to an intensive production model. The expansion and intensification of agriculture not only reduced the areas devoted to livestock, but additionally reinforced the need to fertilize the soil to compensate for increased nutrient removal rates. That is the main reason why today the fertilizer market is booming, with prices that increase every year. On the other side, the intensification of livestock production poses major challenges in animal health, waste management and environmental impact.

There are technologies that, through the anaerobic digestion of livestock waste, recover energy and fertilizers with a positive environmental impact. These technologies are already widespread in many developed countries and they are currently starting to be implemented in ours with very good results. The following investigation aims to study the available technologies, to analyze the potential for national implementation in intensive swine production farms and to conduct a feasibility study for a specific case.

The main advantages of this technology include:

- The production of a renewable source of energy (a gas with high methane content)
- The production of bio-fertilizers, a compound able to replace and complement inorganic fertilizers, with additional positive properties.
- The reduction of environmental negative impacts: odors, water pollution, emissions of greenhouse gases (GHGs), proliferation of pests.
- The reduction of waste management costs and the land required for cattle expansion.

For these reasons, the proposed technology can improve business profitability, with a positive environmental impact.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Steffen Gruber y al Ing. Jorge A. Hilbert, por su colaboración (INTA, Ing. Rural).

A Juan Pablo García Delfino, por su colaboración (Biometanos del Sur).

Al personal del productor porcino, por su colaboración e interés en el proyecto.

Al Ing. Félix Jonas, por el apoyo brindado al proyecto.

A mi familia, amigos y profesores, por su apoyo durante estos años de estudio.

TABLA DE CONTENIDOS

1. DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA ..... - 1 -
1.1. ¿Qué es la Digestión anaeróbica? ..... - 1 -
1.2. Proceso ..... - 2 -
1.2.1. Etapas ..... - 2 -
1.2.2. Características de las bacterias ..... - 3 -
1.2.3. Parámetros de operación ..... - 4 -
1.3. Sistema integral de gestión de residuos pecuarios ..... - 11 -
1.3.1. Descripción de la tecnología ..... - 11 -
1.3.2. Entradas ..... - 12 -
1.3.3. Salidas ..... - 16 -
1.3.4. Procesos y equipos ..... - 20 -
1.4. Ventajas, riesgos y oportunidades ..... - 42 -
1.4.1. Ventajas ..... - 42 -
1.4.2. Riesgos ..... - 44 -
1.4.3. Oportunidades ..... - 45 -
2. PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN EN ARGENTINA ..... - 47 -
2.1. Perspectivas del sector porcino Argentino ..... - 47 -
2.1.1. Estructura del sector ..... - 47 -
2.1.2. Presente y futuro ..... - 48 -
2.2. Cría de Cerdos ..... - 51 -
2.2.1. Procesos en la cría intensiva y confinada de cerdos ..... - 51 -
2.2.2. Instalaciones para la cría intensiva y confinada de cerdos ..... - 55 -
2.3. Caracterización del productor primario argentino ..... - 59 -
2.3.1. Escala y Nivel de tecnología ..... - 59 -
2.3.2. Localización ..... - 63 -

2.3.3. Consumo de energía ..... - 66 -
2.3.4. Manejo de efluentes ..... - 72 -
2.4. Recuperación del biogás y medio ambiente ..... - 73 -
2.4.1. Recuperación potencial de biogás y reducción de emisiones ..... - 73 -
2.4.2. Proyectos en desarrollo ..... - 76 -
2.4.3. Bonos de Carbono ..... - 79 -
2.5. Mercado de los Fertilizantes ..... - 80 -
2.5.1. Alternativas como fertilizantes ..... - 80 -
2.5.2. Características y perspectivas del mercado ..... - 84 -
2.6. Instituciones y Normativa ..... - 88 -
2.6.1. Vinculadas a la producción agropecuaria y porcina ..... - 88 -
2.6.2. Vinculadas a la producción de energía y el medio ambiente ..... - 90 -
2.6.3. Vinculadas a la producción y comercialización de fertilizantes ..... - 96 -
2.6.4. Vinculadas a la investigación, desarrollo y consultoría ..... - 97 -
2.6.5. Financiación ..... - 98 -
3. ANALISIS PARA EL ESTABLECIMIENTO SELECCIONADO ..... - 99 -
3.1. Caracterización del productor ..... - 99 -
3.1.1. Sobre el productor ..... - 99 -
3.1.2. Cuestionario - Relevamiento del establecimiento ..... - 100 -
3.2. Modelo de análisis técnico - financiero ..... - 107 -
3.2.1. Variables ..... - 107 -
3.2.2. Animales & Excretas ..... - 110 -
3.2.3. Entradas ..... - 111 -
3.2.4. Salidas ..... - 111 -
3.2.5. Consumos ..... - 113 -
3.2.6. Uso del biogás ..... - 114 -

3.2.7. Dimensionamiento ..... - 115 -
3.2.8. Inversiones requeridas ..... - 122 -
3.2.9. Estado de resultados ..... - 124 -
3.2.10. Flujo de fondos ..... - 126 -
3.3. Análisis de rentabilidad y riesgos ..... - 127 -
3.3.1. Rentabilidad del proyecto ..... - 127 -
3.3.2. Escenarios ..... - 129 -
4. CONCLUSIONES ..... - 133 -
ANEXOS ..... - 135 -
ANEXO I - Historia ..... - 135 -
ANEXO II - Aplicaciones ..... - 137 -
ANEXO III - Información adicional sobre las lagunas de almacenamiento ..... - 139 -
ANEXO IV - Otros agentes de la cadena porcina ..... - 140 -
ANEXO V - Historia y evolución del sector porcino ..... - 141 -
ANEXO VI - Datos adicionales sobre la producción porcina en Argentina ..... - 143 -
ANEXO VII - Conceptos básicos sobre la cría de cerdos ..... - 147 -
ANEXO VIII - Diseño de granjas porcinas ..... - 149 -
ANEXO IX - Detalle de existencias porcinas (mar-09) ..... - 151 -
ANEXO X - Evolución del sector energético en los últimos años ..... - 153 -
ANEXO XI - Detalle de las instalaciones ..... - 155 -
ANEXO XII - Detalle de los cálculos ..... - 158 -
BIBLIOGRAFÍA ..... - 169 -

1. DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA

1.1. ¿Qué es la Digestión anaeróbica?

La digestión anaeróbica consiste en una serie de procesos en los que microorganismos descomponen el material biodegradable de un sustrato en ausencia de oxígeno. Se trata de un proceso natural que ocurre en forma espontánea en la naturaleza y que forma parte del ciclo biológico. Algunos ejemplos concretos de este proceso en la naturaleza son la generación de gas en los pantanos, en los yacimientos petrolíferos o en el tracto digestivo de los rumiantes.

La digestión anaeróbica proporciona un método eficaz para convertir los residuos de la ganadería y las industrias de procesamiento de alimentos en:

- Biogás: Un gas rico en metano que puede ser usado para generar calor, iluminación y electricidad.
- Efluente líquido: Un producto que puede ser utilizado como fertilizante líquido por su gran contenido de nutrientes. El mismo puede ser procesado de diferentes formas para obtener distintos subproductos. La mayoría de los procesos están orientados a reducir su volumen para facilitar su comercialización y traslado.

En Europa, EE.UU., Asia y algunas partes de América Latina la tecnología de digestión anaeróbica se emplea comúnmente como parte de un sistema integrado de producción, en el que las materias primas y los subproductos del proceso juegan un papel importante.

Un breve repaso histórico revela que se trata de un tema ampliamente investigado (más de 300 años de estudios). Sin embargo, existen aspectos técnicos sobre los que se debe continuar investigando para garantizar la rentabilidad de los sistemas aplicados. Por otro lado, el largo historial de investigación no le quita actualidad. Por el contrario, la coyuntura actual marcada por los aspectos anteriormente señalados (aumento de los precios de energía y fertilizantes, intensificación de la ganadería, creciente preocupación por aspectos ambientales, etc.) permite creer que este desarrollo continuará en los próximos años y sus aplicaciones concretas se multiplicarán. [1]

Casi cualquier material orgánico puede ser procesado con la digestión anaeróbica. Esto incluye materiales biodegradables como residuos de agro-industrias, restos de cultivos o recortes de césped, aguas residuales, residuos sólidos urbanos y residuos animales.

[1] Para más detalles respecto al desarrollo histórico de las tecnologías consultar el *[ANEXO I - Historia]*

Sin embargo, según el ámbito de aplicación, existen diferencias en lo que hace a la tecnología aplicada y los objetivos buscados con el proceso (o el orden de prioridad de los mismos). Todos los campos de aplicación muestran que la tecnología se encuentra en una franca etapa de perfeccionamiento y difusión. [2]

1.2. Proceso

1.2.1. Etapas

Hay una serie de microorganismos implicados en el proceso de digestión anaeróbica, incluidas las bacterias que forman el ácido acético (acetógenos) y las que forman el metano (arqueas o metanógenos). Estos microorganismos se alimentan de la materia prima inicial que se somete a una serie de procesos diferentes, convirtiéndola en moléculas intermedias, antes de ser convertida en biogás. Una simplificación de la ecuación química genérica del proceso de digestión anaeróbica es la *Fórmula 1.1*:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3*CO_2 + 3*CH_4 \quad [\Delta Hf^\circ = 130KJ/mol]$$

Fórmula 1.1

Hay cuatro etapas químico-biológicas claves en la digestión anaeróbica, que se pueden ver en la *Figura 1.1*:

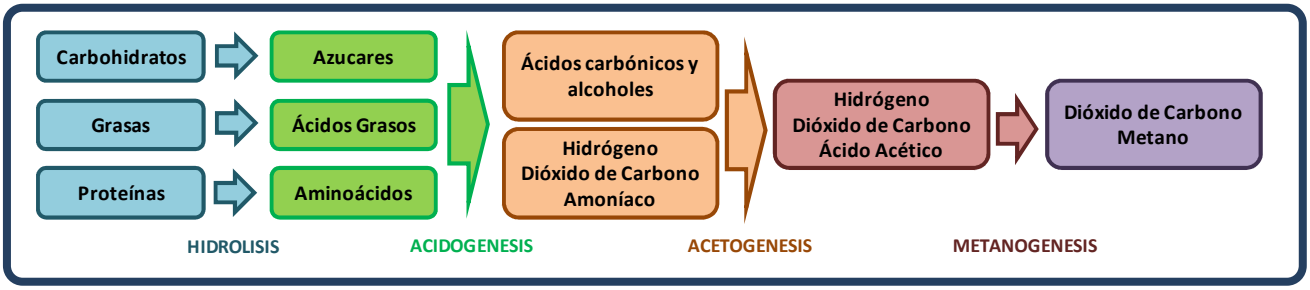


Figura 1.1 – Etapas de la digestión Anaeróbica

1) Hidrólisis

En la mayoría de los casos la biomasa se compone de polímeros orgánicos. A fin de que las bacterias en los digestores anaeróbicos puedan acceder al potencial energético de los mismos, estas cadenas deben romperse en sus partes constituyentes más pequeñas. Estos elementos constitutivos o monómeros son fácilmente accesibles por otras bacterias.

[2] Para más detalles respecto a otras aplicaciones consultar el *[ANEXO II - Aplicaciones]*

El proceso de romper estas cadenas (en azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos) y la disolución de las moléculas más pequeñas en la solución se llama Hidrólisis. Se trata entonces, del primer paso necesario para la digestión anaeróbica. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo de microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaeróbicos-facultativos.

2) Acidogénesis

El acetato y el hidrógeno producidos en las primeras etapas pueden ser utilizados directamente por los metanógenos. Otras moléculas tales como ácidos grasos volátiles (AGVs), con una longitud de cadena mayor que la del acetato, deben ser primero convertidas en compuestos que puedan ser directamente asimilados por los metanógenos.

En el proceso biológico de acidogénesis las bacterias acidogénicas (fermentativas) continúan con la descomposición de los compuestos obtenidos. Aquí se crean AGVs junto con amoníaco, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, así como otros productos.

3) Acetogénesis

En esta etapa moléculas simples creadas a través de la fase de acidogénesis continúan siendo digeridas por acetógenos para producir ácido acético en gran medida, así como dióxido de carbono e hidrógeno.

4) Metanogénesis

La fase terminal de la digestión anaeróbica es el proceso biológico de producción de metano. Aquí los metanógenos utilizan los productos intermedios de las etapas anteriores para convertirlos en metano, dióxido de carbono y agua. Son estos los componentes que conforman la mayoría del biogás emitido por el sistema.

El resto constituye el efluente, formado por material no-digerible junto con los restos de bacterias muertas.

1.2.2. Características de las bacterias

Los microorganismos intervinientes en cada fase tienen distintas propiedades que son muy importantes y deben ser conocidas para lograr un funcionamiento óptimo del digestor. A modo de simplificación, podemos decir que en el proceso actúan dos tipos de bacterias:

1) Acidógenicas (etapas 1, 2 y 3)

- Bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno).
- Alta tasa reproductiva
- Poco sensibles a los cambios de temperatura y acidez.
- Principales metabolitos: Ácidos orgánicos.

2) Metanogénicas (etapas 4)

- Bacterias anaeróbicas estrictas (no pueden vivir en presencia de oxígeno).
- Baja tasa reproductiva
- Muy sensibles a los cambios de temperatura y acidez.
- Principales metabolitos: Metano y Dióxido de Carbono

Las poblaciones de microorganismos anaeróbicos suelen requerir un período de tiempo significativo para establecerse y ser plenamente eficaces. Por lo tanto, es práctica común introducir microorganismos anaeróbicos a partir de materiales con poblaciones existentes. Este proceso se llama inoculación de digestores y generalmente se realiza mediante el recirculado de efluente.

1.2.3. Parámetros de operación [3]

El proceso de digestión anaeróbica se ve afectado por diversos factores. Esta sección intenta sintetizar los efectos de los diferentes parámetros y sus rangos óptimos de operación. Es importante entender que si bien se exponen en forma separada, existe una estrecha interacción entre cada uno de los factores.

Debido a que cada grupo de bacterias intervinientes responde de diferente forma a cambios en estos parámetros, resulta difícil dar valores cualitativos sobre el grado en que cada uno de ellos afecta la producción de gas. Las cifras y gráficos deben tomarse como orientativos. El objetivo es comprender las variables clave de operación y su incidencia en la producción de subproductos.

Tipo de Biomasa

Referir a la sección *[1.3.2 Entradas]*

No todos los componentes de los residuos son igualmente degradables o convertibles a gas a través de la digestión anaeróbica. Por ejemplo:

- La mayoría de los sólidos volátiles están compuestos de

[3] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información del Manual para la producción de biogás. - HILBERT, Jorge A. (2003)

celulosa y hemicelulosa. Ambas se convierten rápidamente en gas metano por bacterias anaeróbicas.

- La mayoría de las bacterias anaeróbicas no pueden degradar la lignina y otros hidrocarburos.
- La digestión de residuos con altos contenidos de nitrógeno y azufre puede producir concentraciones tóxicas de amoníaco y sulfuro de hidrógeno.
- Los residuos que no son muy solubles en agua son digeridos más lentamente.

Existen, por lo tanto, un conjunto de variables vinculadas a la biomasa que ingresa al proceso que deberán ser monitoreadas y controladas.

Temperatura

Valores óptimos:

- Min > 5°C
- Max <70°C

Para que se inicie el proceso se necesita una temperatura mínima de 5°C y no se debe sobrepasar una máxima de alrededor de 70°C. Generalmente se efectúa una diferenciación en tres rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas:

- Psicrófilas: 5-15°C.
- Mesófilas: 20-45°C.
- Termófilas: 40°-65°C.

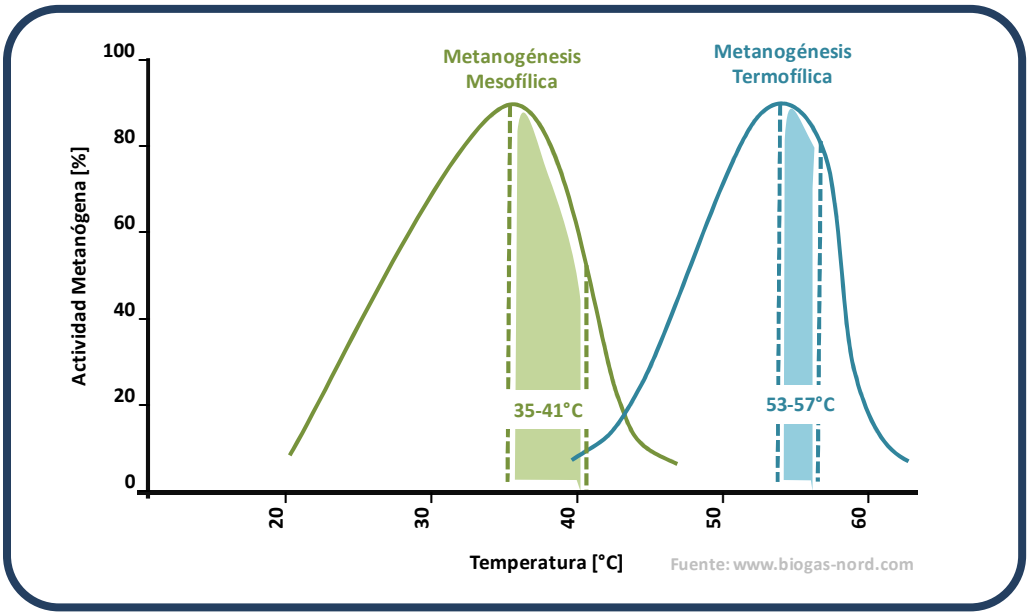


Figura 1.2 – Actividad biológica vs Temperatura

Fuente: www.blogas-nord.com

Como puede observarse en la *Figura 1.2,* la actividad biológica (y por lo tanto la producción de gas) aumenta con la temperatura. Sin embargo, un aumento de temperatura tiene diferentes consecuencias:

- ↑ El rendimiento de biogás es mayor y hay una mejor eliminación de patógenos.
- ↑ A medida que se aumenta la temperatura, disminuyen los tiempos de retención y en consecuencia se necesitará un menor volumen de digestor para digerir una misma cantidad de biomasa.
- ↓ El proceso se vuelve menos robusto (más sensible a pequeñas variaciones en los parámetros), lo que exige mayor mantenimiento y monitoreo.
- ↓ Al no generar el proceso calor, la temperatura deberá ser lograda y mantenida mediante energía exterior.
- ↓ La digestión termófila produce un efluente más oloroso en comparación con la digestión mesófila.

Estos aspectos deben ser considerados a la hora de escoger un determinado rango de temperaturas de operación.

Acidez

Valores óptimos:

$7<pH<8,5$

Una vez estabilizado el proceso fermentativo, el pH se mantiene en valores que oscilan entre 7 y 8,5. Debido a los efectos buffer que producen los compuestos generados, el proceso en sí mismo tiene capacidad de regular diferencias en el pH del material de entrada.

Sin embargo, en la fase ácida, la reproducción de bacterias es mucho más veloz que en la fase metanogénica. Por eso, las variaciones de pH suelen indicar desequilibrios entre las poblaciones de bacterias. Por ejemplo, si predominan las bacterias de fase ácida, se produce un exceso de ácido que las bacterias metanogénicas no pueden consumir y que se acumula en el sistema. El pH desciende, inhibiendo la actividad de las bacterias formadoras de metano.

Puede ocurrir que ante determinados desequilibrios la producción de metano se detenga por completo. Esto es muy grave, ya que cuando un digestor se descompensa tarda mucho tiempo en volver a la normalidad.

Contenido de Sólidos

Valores óptimos:

2-12%

Referir a la sección *[2.3.2 Entradas]*

Se llama velocidad de carga al volumen de sustrato orgánico cargado diariamente al digestor y tiene una relación de tipo inversa con el tiempo de retención (TR). Existen diferentes formas de expresar este parámetro siendo los más usuales los siguientes: kg de material/día; kg de sólidos totales/día; kg de sólidos volátiles/día.

Las cantidades de sólidos totales y sólidos volátiles se calculan multiplicando el peso del material cargado por los porcentajes de sólidos (%S) o sólidos volátiles (%SV) obtenidos mediante análisis químicos. Estas cantidades se definen según las *Fórmulas 1.2* y *1.3*:

$$\%S = \frac{P_{Húmedo} - P_{Seco}}{P_{Húmedo}}$$

$$\%SV = \frac{P_{Húmedo} - P_{Cenizas}}{P_{Humédo}}$$

Donde $\rightarrow$
- $P_{Húmedo}$ = Peso del sustrato
- $P_{Cenizas}$ = Peso de los sól. tras mufla (560°/3hr)
- P_{Seco} = Peso de los sól. tras desecación (105°/1hr)

Fórmulas 1.2 y 1.3

La producción de biogás está directamente vinculada a la concentración de sólidos en el sustrato. Sin embargo, la movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del mismo se ve crecientemente limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y por lo tanto puede verse afectada la eficiencia y producción de gas.

Si bien no hay reglas fijas respecto a este punto, mediciones realizadas utilizando mezclas de estiércoles animales en agua han determinado que para digestores continuos el porcentaje de sólidos óptimo oscila entre el 8% y el 12%.

Estas características de los residuos pueden ser alteradas por dilución, obteniéndose diferentes resultados:

- Adecuación del contenido de sólidos a la operación del biodigestor.

- ↑ Reducción de la concentración de ciertos componentes como el nitrógeno y azufre, que producen subproductos (amoníaco y sulfuro de hidrógeno) que inhiben el proceso de digestión anaeróbica.
- ↓ Formación de estratos en el digestor (diferentes capas, por ejemplo, una gruesa capa de paja sin digerir en la parte superior del digestor o acumulación de arena en la parte inferior)
- ↓ Reducción de la temperatura de la biomasa y su rendimiento en biogás.

Por ello, el nivel de dilución dependerá de la biomasa y el biodigestor, buscando lograr un equilibrio entre los aspectos positivos y negativos.

Nutrientes

Valores óptimos:

Relación C:N = 30:1

Referir a la sección *[1.3.2 Entradas]*

El proceso de digestión no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno, sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio otras sales minerales. Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas.

Si bien las bacterias anaeróbicas necesitan carbono y nitrógeno para vivir, usan el primero 30 a 35 veces más rápidamente que el segundo. Cuando la proporción en la materia bruta es de 30:1 aproximadamente, la digestión ocurre de manera óptima. Cuando la proporción es baja, hay pérdidas de nitrógeno asimilable, afectando así el valor fertilizante de la materia digerida.

Población de bacterias

Para el correcto de desarrollo de los procesos debe haber un equilibrio entre las poblaciones de las diferentes bacterias y la disponibilidad de sustrato.

En desarrollo de las mismas podemos distinguir tres etapas: arranque, estabilización y declinación. Con el objetivo de acortar la primera etapa, puede insertarse en el digestor un determinado porcentaje de material de otro digestor rico en bacterias que se encuentre en plena actividad. También pueden generarse reflujos de efluente con el mismo objetivo. De esta forma el sistema alcanza su fase de estabilización con mayor rapidez, incrementando la producción de gas. Este proceso se conoce como inoculación.

A fin de optimizar la relación alimento/bacterias pueden incorporarse agitadores a los digestores. Los objetivos buscados con la agitación son:

- Remover los metabolitos producidos por las bacterias metanógenas
- Mezclar el sustrato fresco con la población de bacterias
- Evitar la formación de costra y estratos dentro del digestor
- Uniformar el sustrato y la densidad bacteriana a fin de evitar la formación de espacios sin actividad biológica.

Inhibidores

Valores óptimos:

Concentraciones inferiores a las inhibidoras.

Referir a la sección *[1.3.2 Entradas]*

La presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes en determinadas concentraciones pueden inhibir e incluso interrumpir el proceso fermentativo. La *Tabla 1.1* detalla las concentraciones inhibidoras de ciertos compuestos comunes:

Inhibidor	*[] Inhibidora*
SO_4	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato (según contenido de N)	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN	25 mg/l (2-10 mg/ml)
ABS (Detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l
Ca	2.500-4.500 mg/l
Mg	1.000-1.500 mg/l

Tabla 1.1 – Concentraciones inhibidoras

Los valores deben tomarse como orientativos, debido a la alta adaptabilidad de las bacterias intervinientes.

Tiempo de retención hidráulica (TR)

Valores óptimos:

Estiércol vacuno líquido: 20 - 35 días

Estiércol porcino líquido: 15 - 35 días

Estiércol aviar líquido: 20 - 40 días

Este parámetro se define según el sistema:

- Sistemas discontinuos (o batch): El TR coincide con el tiempo de permanencia del sustrato dentro del digestor.
- Sistemas continuos: El TR se define como el valor en días del cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria (*Fórmula 1.4).*

$$TR = \frac{V_{Digestor}}{Q_{Afluente}}$$

Fórmula 1.4

El TR está íntimamente ligado con dos factores: el tipo de sustrato y la temperatura del mismo.

- La selección de una mayor temperatura implicará una disminución en los tiempos de retención y mayor rendimiento de biogás, pero mayor consumo de energía y mayores controles. Esto puede observarse en la *Figura 1.3*.
- Con relación al tipo de sustrato, generalmente los materiales con mayor proporción de carbono retenido en moléculas resistentes, como la celulosa, demandarán mayores TR para ser totalmente digeridos.

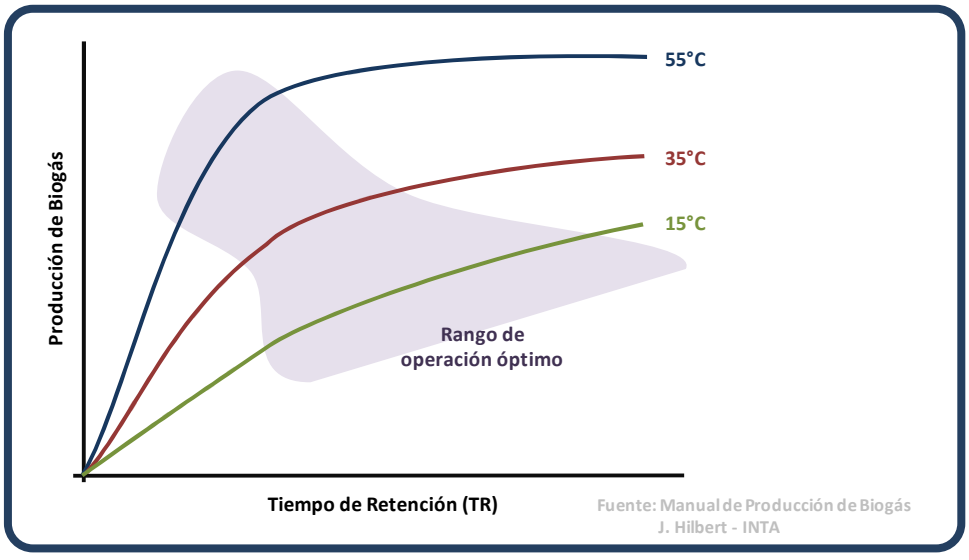


Figura 1.3 – Producción de biogás vs TR

Fuente: Manual de producción de biogás – J .HILBERT (2003)

El TR mínimo se encuentra limitado por la tasa de reproducción de las bacterias metanogénicas, por lo que se debe compensar la extracción de bacterias junto con el efluente, con la multiplicación de las bacterias que pertenecen dentro del reactor. Por este motivo, los digestores implementan sistemas que buscan retener las bacterias o se diseñan procurando lograr grandes superficies internas sobre las cuales estas se depositan formando una película.

1.3. Sistema integral de gestión de residuos pecuarios

1.3.1. Descripción de la tecnología

El diagrama de flujos presentado en la *Figura 1.4* sintetiza los procesos propuestos para lograr una gestión integral de los residuos pecuarios mediante la digestión anaeróbica de excretas. En las secciones siguientes se detallan los diferentes elementos constitutivos como las entradas, salidas, procesos y equipos. El esquema describe un ejemplo genérico de la aplicación, en función del cual podrán agregarse, quitarse o modificarse procesos y equipos de acuerdo a las circunstancias y objetivos particulares de cada establecimiento. La tecnología concibe a las excretas no como un residuo sino como un recurso, y a todo el proceso como un ciclo capaz de autoabastecer al establecimiento.

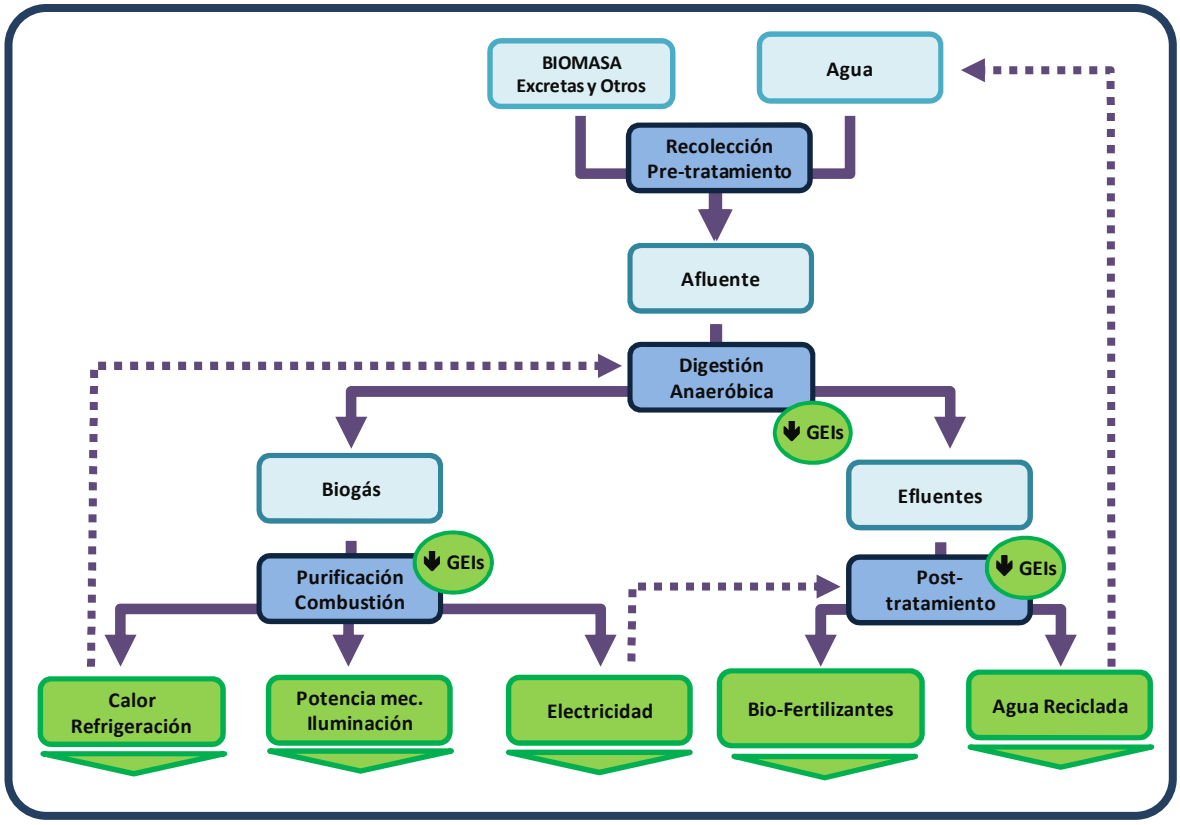


Figura 1.4 – Procesos propuestos

1.3.2. Entradas

Como se señalo anteriormente el espectro de posibles materias primas es muy amplio. Las características más importantes a considerar respecto a la biomasa se detallan a continuación. Muchas de estas propiedades pueden ser modificadas mediante pre-tratamientos. Dado el enfoque del trabajo, el análisis se centra en las excretas animales y, especialmente, en las de cerdo.

El principal objetivo de la gestión de la calidad y cantidad de materia prima utilizada es maximizar la calidad y cantidad de subproductos, y por lo tanto, los beneficios económicos y ambientales.

Los criterios para evaluar la calidad de la biomasa dependerán de las prioridades y objetivos que se establezcan para el proceso. Por ejemplo, si se busca maximizar la generación de biogás, el factor clave será el contenido de sólidos volátiles. Si el objetivo primordial del proyecto es la gestión de residuos, el criterio principal será el de maximizar la degradación de componentes contaminantes eliminado la presencia de cualquier agente que pueda detener o matar el proceso. Cualquiera que sea el subproducto elegido como prioridad, la adecuación de la materia prima probablemente afectará negativamente la producción de los otros. En todos los casos, deberá buscarse un balance.

Consideraciones:

- Los datos presentados responden a diferentes estudios realizados, que se encuentran señalados en las fuentes bibliográficas. Idealmente, como se trabaja en un medio biológico, deberían efectuarse en cada caso estudios estadísticos de una serie prolongada de mediciones, registrando siempre las condiciones en las cuales fueron realizadas las pruebas (clima, alimentación, tipo y peso de los animales, etc.).

- Cuando se dispone de varias fuentes de biomasa se puede efectuar un cálculo ponderado de las propiedades de cada una de ellas para estimar las propiedades de la biomasa resultante. Esto no es totalmente preciso (estudios demuestran que la combinación de distintas biomasas puede generar diferentes resultados, debido a la interacción de las diferentes variables) pero constituye una buena aproximación.

Facilidad de descomposición (rendimiento biogás)

La degradación de estiércoles animales dependerá fundamentalmente del tipo de animal, la edad y la alimentación que haya recibido. Los valores, tanto de tasas de generación como de composición y de rendimiento en biogás, presentan una gran variabilidad entre los diferentes autores debido a la gran cantidad de factores a considerar. Los valores indicados en la *Tabla 1.2* deben tomarse como orientativos.

Especie	*Peso (Kg)*	*Kg excretas/día*	*lts biogás/Kg SV*	*%CH_4 en biogás*
Cerdos	50	4,5-6	340-550	67-70
Vacunos	400	25-40	90-310	65
Equinos	450	42	200-300	65
Ovinos	45	2,5	90-310	63
Aves	1,5	0,006	310-620	60
Caprinos	40	1,5	110-290	63
Nota: El lt o el m^3 es la unidad de medida de los gases en ambientes con condiciones estandarizadas (20°C, 1000 mBar). La producción de biogás representa la máxima conversión posible, es decir en condiciones óptimas. Estos valores deberán ser luego afectados por la eficacia de cada sistema en concreto.				

Tabla 1.2 – Generación de excretas y rendimiento de biogás
Fuente: Manual de producción de biogás – J .HILBERT (2003)

Composición

La composición de la biomasa es un aspecto fundamental. Este engloba el contenido de nutrientes, de sólidos disueltos, de sólidos volátiles, de contaminantes y de patógenos como puntos más relevantes. Algunos de estos conceptos ya fueron mencionados anteriormente (Referir a la sección *[1.2.3 Parámetros del proceso]*), otros se profundizan a continuación:

- Sólidos disueltos

El estiércol recién producido (estiércol crudo) tiene un contenido de sólidos de 8 a 25%, dependiendo del tipo de animal y circunstancias. Estos valores pueden disminuirse (diluyendo la mezcla) o aumentarse (por el secado o mediante la adición de materiales secos, como paja o aserrín). El contenido de sólidos disueltos condiciona el manejo de los residuos y la operación del biodigestor. Por este motivo, suele tomarse como criterio para la clasificación de estiércoles, los cuales pueden ser:

- Estiércol líquido (diluido a un contenido de sólidos menor al 5%). Los sistemas que funcionan con estiércol líquido pueden ser adaptados para la producción de biogás y la recuperación de energía en climas cálidos. En climas más fríos también puede buscarse la recuperación de biogás, pero los rendimientos son más bajos y se suele limitar a la quema de gas para el control de olores.

- Estiércol de purín o lodo (diluido a un contenido de sólidos de aproximadamente 5 a 10%). El estiércol generado de esta forma puede ser utilizado para la recuperación de biogás y la producción de energía, dependiendo del clima y los factores de dilución.

- Estiércol semi-sólido (contenido de sólidos de 10 a 20%, generalmente sin añadido de agua). Este tipo de estiércol fresco (menos de una semana desde que fue excretado) puede ser utilizados para producción de biogás y energía en casi todos los climas.

- Estiércol sólido (contenido de sólidos superior al 20%). Este tipo suele requerir sistemas de recolección más complejos y el agregado de importantes cantidades de agua, por lo que suele optarse por procesamientos alternativos, como el compost.

▪ Nutrientes

Los principales nutrientes que deben monitorearse son el Carbono, Nitrógeno y sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores).

Es particularmente relevante la relación carbono-nitrógeno (C:N) por su incidencia en la conservación del N. Incrementando la relación C:N por medio de la incorporación de materiales con alto contenido de carbono (como hojas de arboles, residuos de plantas, papel, astillas de madera, aserrín, etc.) se puede reducir la pérdida de N. La composición típica de las excretas de cerdo puede verse en la *Tabla 1.3*.

Parámetro	*Mínimo*	*Máximo*	*Media*
pH	6,56	8,7	7,68
Alcalinidad total (g CaCO3/kg)	5,08	59,25	21,47
Sólidos totales (g/kg)	13,68	169	62,16
Sólidos volátiles (g/kg)	6,45	121,34	42,33
Sólidos volátiles / S. Totales	47%	72%	68%
Demanda química de oxígeno (g O2/kg)	8,15	191,23	73,02
Nitrógeno total (g N/kg)	2,03	10,24	5,98
Nitrógeno amoniacal (g N/kg)	1,65	7,99	4,54
Nitrógeno orgánico (g N/kg)	0,4	3,67	1,54
Fósforo (g P/kg)	0,09	6,57	1,38
Potasio (g K/kg)	1,61	7,82	4,83
Cobre (mg Cu/kg)	9	192	40
Zinc (mg Zn/kg)	7	131	66

Tabla 1.3 – Propiedades de purines de cerdo (sobre materia fresca)
Fuente: Tecnologías aplicables en el tratamiento de las deyecciones ganaderas - BONMATÍ, A. y MAGRÍ, A. (2007)

- Contaminantes

Es esencial que las sustancias tóxicas en la materia prima se reduzcan al mínimo ya que pueden inhibir o matar el proceso.

El estiércol debe estar libre de grandes cantidades del material utilizado como lecho para los animales (como podría ser aserrín, paja o arena, rocas y piedras). Sólo una pequeña cantidad de estos materiales puede ser tolerada por la mayoría de los digestores. Estos materiales que suelen terminar en el estiércol obstruyen los tubos de entrada y salida del digestor y dificultan las reacciones que en él se desarrollan. Reducir la cantidad de estos materiales hasta una medida tolerable es un problema de fácil resolución en muchos casos.

Otros materiales, como los aditivos para la alimentación, los antibióticos y compuestos sanitarios o los productos de limpieza (por ejemplo, detergentes, ácidos, halógenos, etc), pueden ser perjudiciales para la acción de bacterias anaeróbicas. En general, el uso típico de estos compuestos no ha presentado grandes problemas.

Tasa de generación

Los establecimientos de cría de ganado intensiva suelen generar importantes cantidades de excretas recolectables en forma consistente durante todo el año. Podemos estimar la cantidad de biomasa disponible a través de la *Fórmula 1.5:*

Excretas generadas [Tn/año] = Cantidad de animales [animal] * Tasa de generación [kg/dia.animal] * 365 [días/año]/1000[Tn/kg]* Tasa de recuperación (%)

Fórmula 1.5

Donde:

- Cantidad de animales [animal]: Es la cantidad de cabezas que hay en el establecimiento. A efectos de cálculo podrá tomarse el valor promedio durante el año, mínimo o máximo según el dimensionamiento que se desee hacer. Idealmente la cantidad de cabezas debería permanecer lo más constante.

- Tasa de generación [kg/día.animal]: Es la tasa de generación de excretas por animal y por día. Dependerá del tipo de animal, edad, peso y alimentación. Idealmente deberían realizarse estudios estadísticos en el establecimiento de trabajo, pero existen diferentes tablas que expresan estas cantidades. Un forma alternativa de expresar la cantidad de excretas generadas es como porcentaje del peso vivo, en cuyo caso se deberá estimar el peso promedio de las cabezas.

- Tasa de recuperación (%): No todos los residuos generados podrán ser recuperados. En los casos de cría a campo resulta muy difícil efectuar una recolección eficiente debido a la gran cantidad de contaminantes y a las extensiones que deben recorrerse. En sistemas mixtos, es posible que solo sea rentable efectuar la recolección mientras los animales se encuentran encerrados por lo que solo una parte de las excretas generadas será recuperada. En sistemas de encierre y galpón, también habrá pérdidas debido al secado y contaminación del estiércol o a deficiencias en el proceso de recolección. El diseño del sistema de recolección deberá buscar maximizar las tasas de recuperación.

Variabilidad de la provisión

Además será importante evaluar la estabilidad y homogeneidad del suministro de biomasa a lo largo del año. Si bien pequeños cambios en el ritmo de carga del digestor no generan mayores problemas, alimentar el proceso en forma irregular puede dar lugar a mermas en la producción de biogás e incluso puede interrumpir el proceso biológico. Con una carga y descarga continua, el sistema es más eficiente y estable.

Por otro lado, un sistema de recolección periódico permite mejorar la conservación de los nutrientes contenidos en el estiércol y su potencial para generar biogás. La descomposición anticipada de la biomasa reduce la producción de biogás. Por este motivo, son también relevantes los procesos que se apliquen a las excretas previos a su carga en biodigestor y el tiempo que haya transcurrido desde su generación hasta su procesamiento

1.3.3. Salidas

1.3.3.1. Biogás

Se llama biogás a la mezcla constituida por metano (CH_4), en una proporción que oscila entre un 60% a un 75%, y dióxido de carbono (CO_2), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). La *Tabla 1.4* detalla sus propiedades y componentes.

En principio, efectuando las modificaciones necesarias, el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para el uso de gas natural. Las alternativas de uso incluyen la generación de calor, electricidad, iluminación o potencia mecánica. La combustión completa del metano, sin el exceso de aire y con oxígeno puro, puede ser representada por la ecuación química definida en la *Fórmula 1.6*:

$$CH_4 + 2*0_2 \rightarrow CO_2 + 2*H_2O$$

Fórmula 1.6

Debido a la menor concentración de metano, el biogás requerirá una mayor dosificación de gas respeto a la requerida por el gas natural. La relación aire-gas puede ser fácilmente ajustada aumentando la presión del aire/gas, incrementando la apertura de la válvula dosificadora de gas o modificando la geometría del paso de aire desde el exterior. Estos cambios no requieren demasiadas inversiones. La *Tabla 1.5* compara algunas propiedades del biogás frente a otros combustibles.

Componente	*Metano*	*Dióxido de Carbono*	*Hidrógeno*	*Biogás (60% CH_4, 40% otros)*
Fórmula Química	CH_4	CO_2	H_2	-
% Volumen	60-75	25-40	1	100
Valor Calórico (MJ/m^3)	35,8	-	10,8	25,1
Ignición (% en aire)	5-15	-	-	6-12
Temp, de Ignición (°C)	650-750	-	-	650-750
Presión crítica (MPa)	4,7	7,5	1,2	7,5-8,9
Densidad (kg/m^3)	0,7	1,9	0,08	1,2
Densidad relativa	0,55	2,5	0,07	0,83

Tabla 1.4 – Composición y Propiedades del Biogás
Fuente: Manual de producción de biogás – J .HILBERT (2003)

Parámetro	*Biogás*	*Gas Natural*	*Propano*	*Metano*	*Hidrógeno*
Valor Calorífico (Mj/ m^3)	25,1	36	93,6	35,8	10,8
Densidad (Kq/m^3)	1,2	0,7	2,01	0,7	0,09
Densidad con respecto al aire	0,83	0,54	1,51	0,55	0,07
Limite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
Temperatura de encendido	650-750	650	470	650	585
Máx. velocidad de encendido en aire (m/s)	0,31	0,39	0,42	0,47	0,43
Requerimiento teórico de aire (m^3/m^3)	6,6	9,5	23,9	9,5	2,4

Tabla 1.5 – Comparación del biogás y otros combustibles
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía

Tasa de generación

Podemos estimar el volumen de gas generado a partir de la *Fórmula 1.7*:

Biogás generado [m^3/año] = Excretas generadas [Tn/año] * % de SV * m^3 de biógas/Tn SV * Rendimiento del sistema (%)

Fórmula 1.7

Donde:

- Excretas generadas [Tn/año] = Total de excretas generadas a lo largo del año, calculadas según fue señalado anteriormente.

- % de SV y m^3 de biogás/Tn SV = Valores obtenidos de tabla (idealmente calculados de una muestra suficientemente grande y representativa de los procesos que se llevan a cabo en el establecimiento).

- Rendimiento del sistema (%): Estima la eficacia del sistema en la conversión de los SV a biogás considerando mermas debido a la presencia de inhibidores, variaciones en el contenido de sólidos, bajas temperaturas o cualquier otro factor que pudiera repercutir negativamente en la generación de biogás.

1.3.3.2. Efluente

Durante la digestión anaeróbica solo una pequeña parte del afluente es extraída como biogás. Por ejemplo, la descomposición anaeróbica de 50kg de excretas vacunas genera en un día 1m^3 de biogás, que es tan solo el 2% de la masa que ingresa al sistema. El resto de la masa constituye un efluente rico en nutrientes, el cual puede aplicarse directamente como fertilizante o sufrir una serie de procesos que mejoren sus propiedades.

Si bien las características del efluente dependerán de los parámetros del proceso (fundamentalmente del tiempo de retención y temperatura), el mismo presentará una serie de propiedades que lo diferencian del afluente, principalmente porque:

- Se reduce la viscosidad del afluente ya que el proceso de digestión anaeróbica transforma la mayor parte de los sólidos volátiles.

- El efluente carece prácticamente de olor debido a que las sustancias que lo generan son reducidas casi en su totalidad.

- La relación Carbono/Nitrógeno disminuye, mejorando en forma general el efecto

fertilizante del efluente. Los nutrientes son conservados, pero algunos de ellos sufren transformaciones que facilitan su asimilación por parte de la vegetación.

- El proceso en si mismo produce una reducción de entre el 85% y 99% de los principales patógenos animales (estafilococos, salmonella, pseudomonas). Al ser utilizado como fertilizante, el efluente tiene otro efecto beneficioso que es que torna inviables un gran porcentaje de semillas de malezas [4].

La *Tabla 1.6* presenta los principales efectos de la digestión anaeróbica sobre el afluente:

Parámetro	*Salida (% del valor de entrada)*
Caudal	95-98
Sólidos totales	20-45
Sólidos volátiles	30-50
Nitrógeno orgánico	60-40
Nitrógeno amoniacal	140-160
Nitrógeno nítrico	0
Fósforo	100
DQO	40-60

Tabla 1.6 - Afluente vs. Efluente (Entrada vs. Salida)
Fuente: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas - Agencia de residuos de Cataluña (2004)

Tasa de generación

Puesto que el digestor se trata de un sistema en régimen con una entrada (afluente) y dos salidas (biogás y efluente), podemos estimar la cantidad de efluente obtenida por diferencia de masas a partir de la *Formula 1.8*:

Efluente generado [Tn/año] = Excretas generadas [Tn/año] - Biogás generado [m^3/año] * Densidad biogás [Tn/m^3]

Fórmula 1.8

[4] Basado en datos de A Manual for Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United States - AgSTAR. (2008)

1.3.4. Procesos y equipos

1.3.4.1. Recolección y manejo del sustrato

El manejo del sustrato implica:

- La recolección de las excretas en el lugar de generación
- El transporte de las mismas a los largo de todo el sistema
- El almacenamiento del efluente
- La aplicación o disposición final del efluente

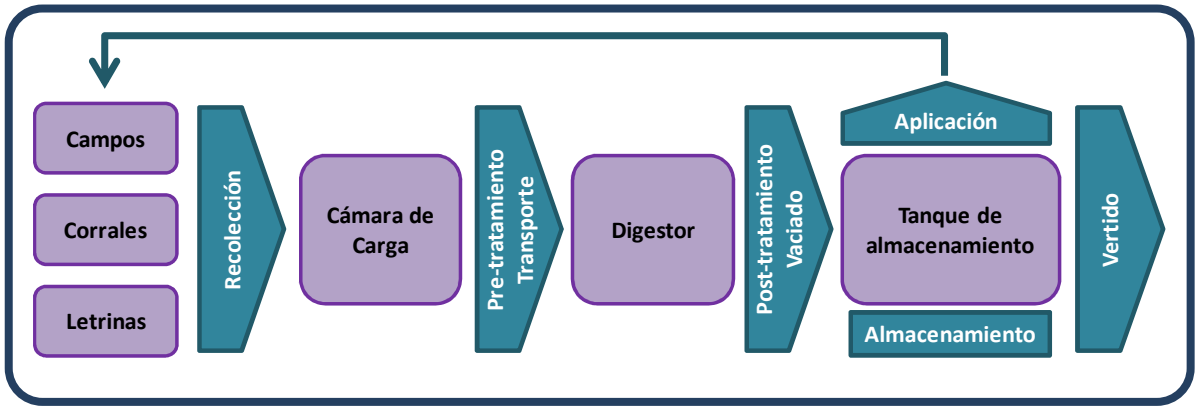


Figura 1.5 – Procesos involucrados en el manejo del sustrato

Recolección

Los objetivos del sistema de recolección son:

- Asegurar la provisión de materia prima en forma rápida, evitando su descomposición y enfriamiento.
- Maximizar la tasa de recuperación de excretas.
- Minimizar la energía requerida por el proceso y la necesidad de pretratamientos

En sistemas extensivos y de baja escala, los establecimientos pueden estar formados por una serie de corrales o campos abiertos en los que el estiércol no se puede recoger fácilmente para otros fines.

Los criaderos modernos, en cambio, suelen utilizar piso enrejado en locales cerrados. El ambiente en estas instalaciones de producción está controlado por sistemas mecánicos o ventilación natural. La superficie del piso se encuentra parcial o totalmente enrejada,

situada sobre canales o fosas de recolección de estiércol. Como los animales hacen pasar su estiércol a través del enrejado, éste es separado rápidamente de los animales con un mínimo de mano de obra. Los pisos llenos generan una importante disolución del material defecado en el lavado, por lo que no son recomendables en instalaciones intensivas.

Los pisos enrejados son una solución moderna para la higiene y salud de los cerdos, así como para el ahorro de mano de obra. Su mayor costo se justifica siempre y cuando sean durables, de fácil instalación y no afecten el confort/salud del cerdo en las instalaciones.

Las deyecciones son recogidas debajo de los pisos ranurados, en fosas de deyección. Las fosas más utilizadas son las de flujo cuya función es la de vehiculizar las deyecciones a las siguientes etapas de tratamiento.

Diferentes modalidades son utilizadas para permitir un desplazamiento del fluido y el vaciado de las fosas. Entre estas posibles modalidades se destacan:

- Vaciado por rebalse continúo: Estas fosas contienen en uno de sus extremos una canaleta de altura variable, dimensionada en función de la longitud de la fosa, que permite mantener un estrato líquido de fondo sobre el cual se desliza la masa sólida de defecación.

- Vaciado discontinuo por vacío: Consiste en la realización de una red de desagües vinculada a la fosa mediante varios orificios de fondo. El sistema drenante está cerrado por una compuerta. La apertura de la válvula permite la rápida descarga del fluido defecado arrastrando todo material sólido remanente debido al efecto de "aspiración".

- Vaciado por flushing: Agiliza el movimiento de efluentes mediante una corriente de efluente reciclado en el fondo de la fosa.

- Por agitación mediante rastrillo mecánico: El desplazamiento de las deyecciones viene realizado mediante un rastrillo mecánico instalado sobre el fondo de la fosa.

Transporte

El transporte a través de las distintas etapas del proceso podrá ser por drenaje o bombeo (o a través de contenedores en el caso de estiércoles sólidos y semi-sólidos).

Dependiendo de las dimensiones del establecimiento, los efluentes se recolectan mediante canales. Los canales secundarios de drenaje confluyen en canales primarios de mayor capacidad, diseñados para soportar un mayor caudal. Estos pueden ser de tierra compactada (más simples y económicos, exigen mayor mantenimiento y limpieza) o de cemento (más seguros y eficientes, toleran mayores velocidades y son autolimpiantes

aunque son más costosos). El cálculo del tamaño y pendientes de estos canales depende de los volúmenes a transportar y el contenido de sólidos.

También pueden utilizarse cañerías. Para las aplicaciones consideradas, la mayoría de las bombas requieren mínimas adaptaciones y funcionan sin problemas. En su diseño, sin embargo, se deberá considerar que las propiedades físicas del sustrato fresco son raramente comparables a las del agua. En otras palabras los fluidos involucrados son NO newtonianos. Existen bombas especialmente diseñadas para el manejo de residuos pecuarios, popularmente conocidas como "bombas estercoleras".

Almacenamiento

Tras su salida del digestor y de los posibles post-tratamientos que se le hayan aplicado, se obtendrá un efluente con propiedades mejoradas que deberá ser almacenado hasta su comercialización, su aplicación como fertilizante o su disposición final. El líquido se acumula en lagunas cuyas funciones son:

- Minimizar la polución del suelo y los recursos hídricos.
- Almacenar el efluente hasta su disposición/utilización.
- Continuar con procesos de evaporación que reduzcan el volumen total de efluente.

En estas lagunas continúan procesos de degradación de la materia orgánica pero a un ritmo muy inferior. Las tendencias actuales en el diseño de lagunas indican una preferencia por la construcción de un mayor número de lagunas de escasa profundidad para maximizar la precipitación de solutos, la degradación aeróbica de la materia orgánica y la evaporación de agua[5].

1.3.4.2. Pre-tratamiento del estiércol

Según el tipo de residuos a procesar y la tecnología seleccionada, diferentes pretratamientos serán requeridos. Las operaciones de pretratamiento suelen desarrollarse en una cámara de carga, entre cuyas funciones debemos destacar:

- Eliminación de partículas y objetos no deseados mediante sistemas de filtrado, tamices o simple decantación por gravedad.
- Adecuación de la concentración de sólidos
    - Dilución con agua: A la hora de calcular el nivel de dilución se deberá considerar toda el agua que ingresa al sistema, ya sea en forma deliberada o accidental. Los procesos de dilución incluyen la limpieza de excretas por

[5] Para mayor información sobre instalaciones de almacenamiento referir al *[ANEXO III – Información adicional sobre las lagunas de almacenamiento]*

lavado, el agua de refrigeración por goteo o aspersión, el agua de lluvia incorporada, o el agregado directo de agua en la cámara de carga.

- Secado y evaporación: Esta práctica aumenta la concentración de sólidos pero no es recomendable porque la descomposición previa de la materia orgánica genera olores y reduce su potencial para generar energía. Además el secado requiere un consumo adicional de energía.

- Agregado de otros flujos: Consiste en la combinación de las excretas con otro tipo de biomasa que mejore las propiedades del sustrato a procesar.

- La mezcla y homogenización de residuos.

- Amortiguación de flujos generados y procesados.

El diseño y construcción de la cámara de carga deberá garantizar la impermeabilidad de sus paredes, a fin de evitar efectos ambientales negativos.

1.3.4.3. Digestión Anaeróbica

Clasificación de digestores

El proceso esencial del sistema propuesto es la digestión anaeróbica de las excretas. Este proceso se lleva a cabo en un digestor. El mismo consiste en una cámara herméticamente cerrada en la que se busca establecer condiciones que favorezcan el desarrollo de las bacterias, y que cuenta con un sistema de recuperación de biogás. A lo largo de los años se han desarrollado diferentes tecnologías de acuerdo a los objetivos propuestos, las características climáticas, el tipo de residuo a digerir y los costos/beneficios asociados a su construcción.

La *Tabla 1.7* describe los principales criterios de clasificación de digestores y las propiedades más destacadas de cada tipo. Se incluyen todos los tipos de digestores, incluidos los que se limitan a aplicaciones industriales o de investigación. Se han destacado, sin embargo, aquellos que presentan un mayor potencial de aplicación en el contexto de la cría intensiva de cerdos en Argentina. Un caso particular, que no se desarrolla aquí, es el de los rellenos sanitarios (la cámara de digestión está conformada por el lecho y la cubierta del mismo relleno).

Clasificación		*Características*	*Usos*
Criterio	*Alternativa*		
Periodicidad de carga	*Batch*	Se produce una carga y vaciado total de la cámara de digestión en cada ciclo. En cada carga el proceso sigue una evolución de arranque, estabilización y agotamiento. Para facilitar el arranque es necesaria la inoculación (>20% de la biomasa). Para obtener una producción más continua de gas, pueden instalarse varios digestores en serie operando en diferentes etapas.	Escasa difusión. Utilización en laboratorios, con materiales celulósicos y con alto contenido de sólidos.
	Semicontinuo o continuo	La carga sigue una determinada periodicidad. El volumen de biomasa en la cámara de digestión se mantiene constante, ya que el volumen de afluente que ingresa iguala al de efluente que se evacúa. El diseño de la cámara procurará evitar variaciones en el tiempo de permanencia del afluente.	La mayoría de los digestores en funcionamiento en distintas aplicaciones son de este tipo. Presenta gran cantidad de variantes.
Intensidad de mezcla	*Mezcla parcial o nula*	Incluyen sistemas de agitación muy elementales cuyo objetivo es evitar la estratificación del sustrato y la formación de costras (por ej., el diseño de una cámara de digestión con tabiques).	Aplicaciones rurales de baja escala y escasos recursos.
	Mezcla completa	El objetivo es lograr la uniformidad del sustrato en cuanto a las propiedades de la biomasa, temperatura y distribución de bacterias. Los equipos de mezclado pueden ser muy diversos (sistemas de agitación, bombeo y recirculado, reinyección de gas, etc.).	Aplicaciones intensivas, generalmente con sistemas de calefacción.
Manejo de sustrato	*Sin diseño particular*	No hay optimización en el manejo de la población de bacterias. El objetivo de los diseños adaptados es retener la mayor cantidad de bacterias activas dentro del digestor.	Aplicaciones rurales de baja escala y escasos recursos.

	Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)	Posee un sistema de separadores y tabiques diseñado para generar zonas sin flujo donde se acumulan las bacterias formando glomérulos (floculación), evitando que sean evacuadas con el efluente.	No admite partículas insolubles. Tratamiento de desechos agroindustriales como la vinaza.
	Lecho fluidizado	Se incluyen en la cámara unas partículas no atacables a las que se adhieren las bacterias. A su salida, el efluente es filtrado recuperándose las partículas junto con las bacterias, que son reintroducidas en el digestor.	Escasa difusión. Aplicaciones en laboratorios y a nivel piloto.
	Contacto anaeróbico	A través de un proceso, externo a la cámara, se recupera una parte de la población activa de bacterias que es reintroducida como inoculo. Como alternativas para el sistema de recuperación suelen aplicarse sedimentadores externos simples, de membranas o de placas (filtrado). Ver *Figura 1.6*	Aplicaciones intensivas, tanto rurales como industriales.

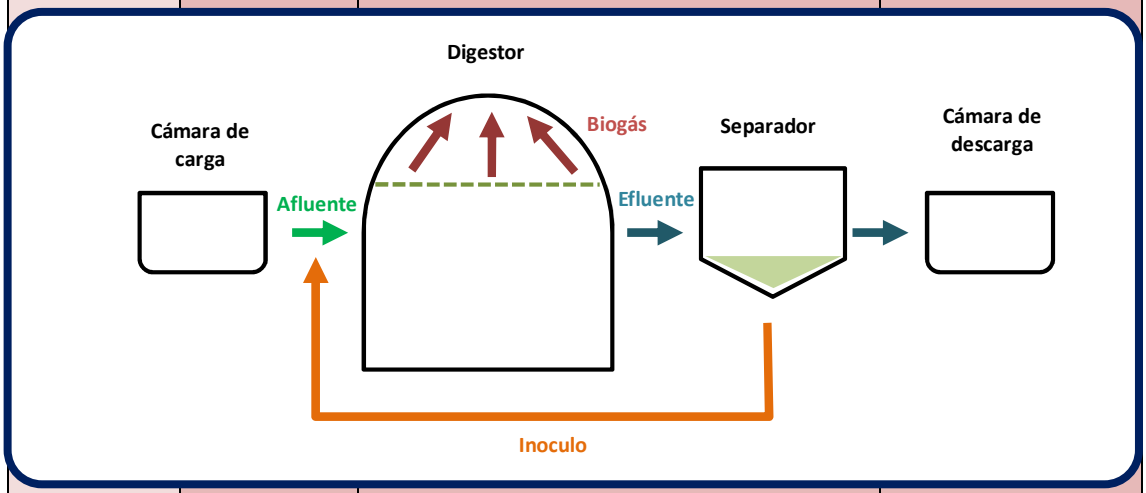
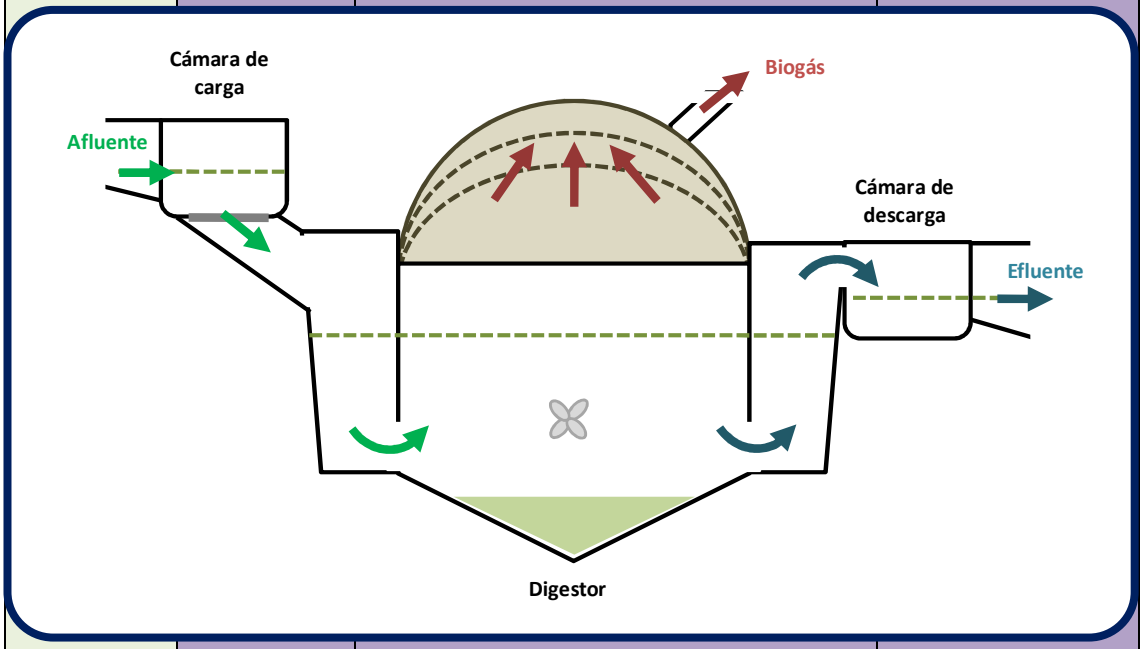


Figura 1.6 – Proceso de inoculación

	Filtro anaeróbico	Son alargados (altura/diámetro > 1). Poseen en su interior filtros fijos constituidos por cañerías reticuladas de diferentes materiales y con una relación superficie/volumen elevada. Sobre estos materiales no atacables se adhieren las bacterias y así se evita su pérdida.	Aplicaciones especializadas. No admiten partículas insolubles en suspensión (bloquearía el flujo del substrato).
Estilo constructivo	*Flexibles*	Son instalaciones de bajo costo. El tanque de almacenamiento de excretas es tapado con una cubierta flexible tipo globo para colectar el gas. La cubierta puede estar protegida por un techo rígido y liviano. Ver *Figura 1.7*	Aplicaciones rurales de baja y mediana escala. Bajo nivel de inversión requerida.
		 Figura 1.7 – Digestor de Cubierta Flexible	
	Chino	La cámara de digestión tiene una forma determinada y el gas se almacena dentro de una campana fija a presión variable, definida por el nivel de sustrato en digestión. El funcionamiento es continuo/semicontinuo, y requiere un mantenimiento periódico y un tiempo de iniciación mayor a 120 días. Ver *Figura 1.8.*	Diversas aplicaciones. Menor gasto en materiales, mayor en mano de obra.

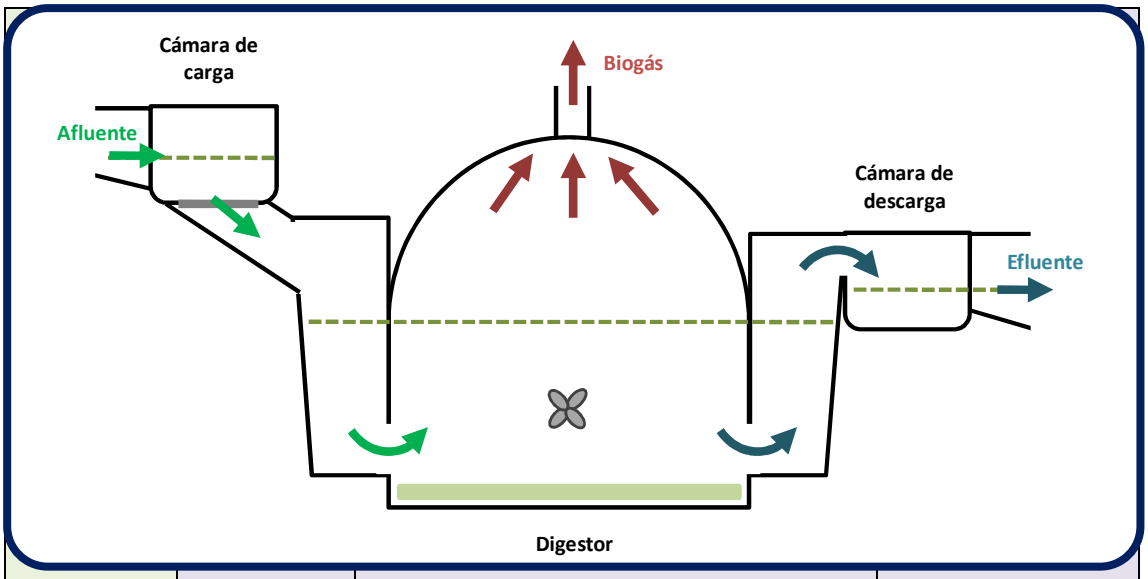


Figura 1.8 – Digestor modelo Chino

Hindú	Consiste en una cámara de digestión cilíndrica sobre la cual flota una campana en la que se acumula el gas. Su funcionamiento es muy sencillo. El sistema de carga es continuo y el efluente sale de la cámara de digestión por rebalse. El gas se almacena a presión constante y volumen variable. La presión de salida puede aumentarse agregando contrapesos. Ver *Figura 1.9.*	Diversas aplicaciones. Mayor gasto en materiales, menor en mano de obra. Posee infinidad de variantes

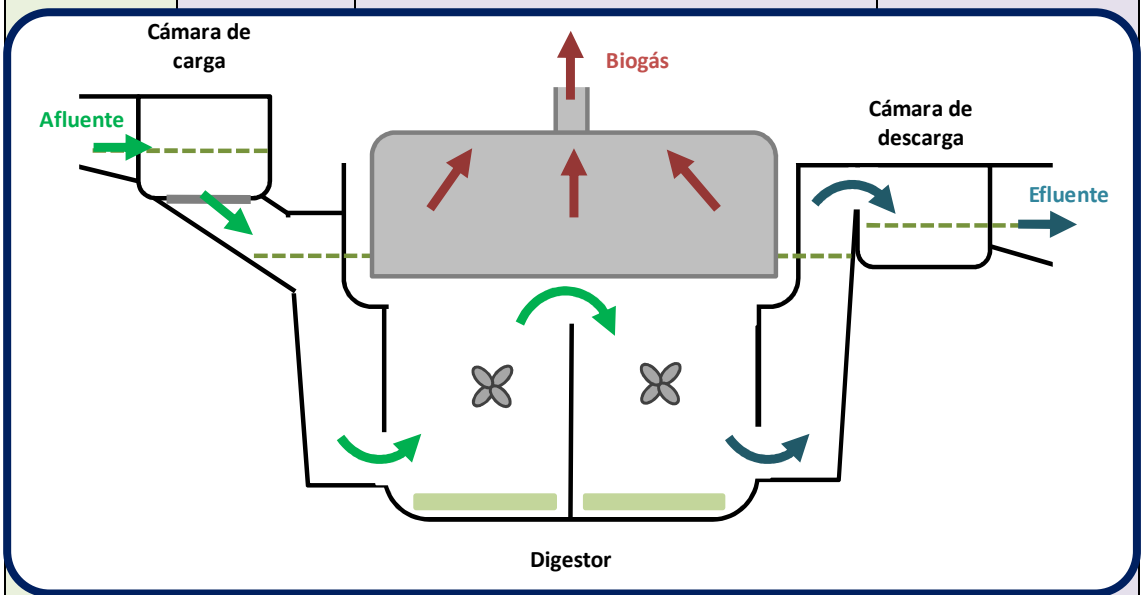


Figura 1.9 – Digestor modelo Hindú

Temperatura de operación	*Psicrófilo*	Rango de operación: 5-15°C. Funcionan a la temperatura del suelo, con bajos rendimientos y alta variabilidad. No poseen sistemas de calefacción.	Climas templados. Escaso capital disponible.
	Mesófilo	Rango de operación: 20-45°C. Pueden o no requerir sistemas de calefacción. La reacción es más eficiente	Climas cálidos
	Termófilo	Rango de operación: 40°-65°C. El sistema es mucho más eficiente, aumentando la generación de gas. Como contrapartida el proceso se vuelve menos robusto y es necesario efectuar inversiones en sistemas de calefacción y control. El proceso tiene un consumo adicional de energía, requerida para calentar la biomasa a temperaturas termófilas.	Biomasas con alto potencial para generar energía.
Manejo bioquímico	*Una etapa*	Todas las etapas de la digestión anaeróbica se cumplen en una única cámara, en la cual todas las bacterias están sometidas a las mismas condiciones	Todas las aplicaciones
	Múltiples	Poseen dos cámaras de digestión separadas. En la primera se desarrolla la etapa acidogénica y en la segunda la metanogénica. De esta forma, es posible optimizar las condiciones de desarrollo de cada tipo de bacterias.	Escasa difusión. Aplicaciones en laboratorios y a nivel piloto.

Tabla 1.7 - Clasificación de Digestores
Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía relevada

Modelos más difundidos

Existe una gran cantidad de digestores de alto rendimiento, que han reducido significativamente los tiempos de retención. En los mismos, los digestores son diseñados para retener la mayor cantidad de bacterias dentro de la cámara de digestión.

Lamentablemente, la reducción del tiempo de retención permite a las bacterias digerir los componentes solubles pero no da tiempo para hidrolizar y degradar las partículas sólidas no solubles. Estas partículas no solo no son digeridas sino que suelen obstruir

los flujos dentro del reactor. Por este motivo, este tipo de digestores no es apto para la biodigestión de estiércoles. Podrían digerir únicamente los componentes solubles, pero entonces habría una gran pérdida en el potencial para generar energía.

Por tal motivo, simplificaremos los casos a analizar a aquellas tecnologías que han sido aplicadas con éxito en el manejo de excretas. La *Tabla 1.8* sintetiza las características de las mismas.

Característica	*Tipo de digestor*		
	Laguna Cubierta	*Flujo Pasante*	*Mezcla completa*
Cámara de dig.	Laguna profunda	Tanque enterrado.	Tanque enterrado/sin enterrar.
Niv. Tec.	Bajo	Bajo	Medio
Calefacción	No	(Si)	Si
Sól. tot (%)	0,5-6%	11-13%	3-10%
Tipo de sólidos	Finos	Normal	Normal
TR (días)	25-40	>20	>15
Usos	Lechería, Cerdos	Principalmente Lechería	Lechería, Cerdos
Clima óptimo	Cálidos-Templados	Todos los climas	Todos los climas
Descripción	Consiste en una pileta de tratamiento cubierta herméticamente por una capa de un material flexible. - Opera a la temperatura del suelo (dependiendo de la región corresponderá a un rango psicrófilo/mesófilo). - La operación es muy sensible a cambios climáticos. - Los rendimientos son bajos. - La mayor parte de la descomposición se desarrolla en el fondo de la laguna, donde las bacterias se acumulan formando un lodo. Un porcentaje significativo del afluente	Consiste en una gran cámara de digestión, donde la biomasa ingresa por un extremo y sale por otro. - No posee un sistema de retención de bacterias (esto exige mayores tiempos de retención y el rendimiento de biogás es menor). - Pueden aplicarse sistemas de calefacción mediante circuitos de agua pero suelen dificultar las tareas de mantenimiento. - Suele generarse estratificación, por lo que requiere un mantenimiento periódico (implica parar el proceso y	Consiste de un reactor donde los efluentes son calentados y mezclados para obtener un mejor rendimiento. - Las temperaturas de operación van de de los 20 a los 40°C, aunque también pueden operar en rangos termófilos. - El sistema de calentamiento más utilizado son los intercambiadores de calor en forma de espiral. - Los sistemas de mezclado incluyen muchas variantes, siendo los más eficientes en consumo de energía los de agitación mecánica.

	pasa a través del proceso sin ser digerido, reduciendo la generación de energía y la calidad del efluente. - Requieren una limpieza periódica que puede resultar costosa y genera olores desagradables. - Implican una mínima inversión y son fáciles de operar.	limpiar el reactor). - Su aplicación se limita a estiércoles con una elevada concentración de sólidos. - Su configuración puede ser vertical u horizontal, siendo esta última la más implementada. - Es un digestor sencillo, que no requiere demasiada inversión.	- Las opciones para los materiales de construcción son muy amplias, así como también sus formas. - Han demostrado su eficacia en el procesamiento de estiércoles. - Su instalación requiere una inversión significativa y hay un consumo adicional de energía para mezclar y calentar el reactor.

Tabla 1.8 – Clasificación de Digestores
Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía relevada

Componentes de un biodigestor

1. Conductos de carga

2. Cámara de digestión

Independientemente del modelo de digestor que se utilice, la cámara de digestión deberá:

- Ser impermeable al agua para evitar pérdidas de sustrato que puedan generar contaminación
- Ser impermeable al gas para evitar el ingreso de aire (oxígeno) y el escape del biogás o gases contaminantes, con el peligro que esto implica.
- Ser aislante para minimizar las pérdidas de calor, maximizando el rendimiento de biogás y reduciendo pérdidas de energía.
- Tener una relación superficie/volumen tan chica como sea posible para reducir los costos de construcción y la superficie de intercambio de calor (pérdidas al ambiente).
- Ser estructuralmente estable para soportar las cargas estáticas y dinámicas.

Las formas son muy variables y hasta el momento no hay evidencias de que incidan en forma determinante en la producción de biogás. Las formas básicas son: ovoide, cilindro o paralelepípedo vertical/horizontal, domo y esférico. Los materiales de construcción usualmente empleados son el hierro, cemento armado, mampostería, plásticos y la madera.

3. Sistemas de agitación

Se distinguen tres tipos principales:

- Mecánicos (palas, hélices, tornillos sinfín)
- Bombas de recirculación
- Inyectores de gas y circulación natural por desplazamiento de líquido interno

4. Sistemas de calefacción

5. Sistemas de extracción de gas

6. Conductos de descarga

7. Sistemas de Control

1.3.4.4. Acondicionamiento del biogás

En la mayoría de los casos, el biogás contiene un conjunto de componentes no deseables que impiden su combustión directa o generan efectos negativos considerables. Los principales procesos de acondicionamiento del gas para su uso incluyen:

- *Secado*

Cuando es generado, el biogás se encuentra saturado de vapor de agua. A medida que se enfría, el vapor se condensa en las cañerías, pudiendo bloquearlas. Por otro lado, el vapor en el gas dificulta su combustión.

Es por ello que se incluyen en las cañerías trampas de vapor para evacuar el agua condensada. Las mismas pueden ser manuales o automáticas, y las hay de diferente tipo.

- *Eliminación del CO_2*

El dióxido de carbono no tiene ningún poder calorífico y debe ser calentado en la combustión. Sin embargo, su eliminación solo es aconsejable en los casos de almacenaje de biogás a altas presiones para evitar el desperdicio de energía en la compresión y volumen de almacenaje.

Los sistemas más utilizados son los de disolución en agua a presión y los filtros con compuestos químicos capaces de retener el CO_2.

- *Eliminación del H_2S*

Si el gas generado no se encuentra libre de SO_2, el mismo se puede combinar con agua formando ácido sulfhídrico (H_2S), un compuesto altamente corrosivo para muchos equipos e instalaciones. Para su eliminación un método comúnmente utilizado son los filtros de hidróxido de hierro. El H_2S del gas se combina con el hierro formando sulfuro de hierro. La reacción es reversible, por lo que el hidróxido de hierro puede luego recuperarse. La *Fórmula 1.9* detalla las ecuaciones químicas involucradas.

$$2*Fe(OH)_3 + 3*H_2S \rightarrow Fe_2S_3 + 6*H_2O$$

$$Fe_2S_3 + 1{,}5*O_2 + 3*H2O \rightarrow 2*Fe(OH)_3 + 1{,}5*S_2$$

Fórmula 1.9

- *Compresión*

El biogás debe ser manejado como cualquier otro gas combustible. Las tuberías de gas pueden estar hechas de acero, cobre, caucho o plástico. Se debe tener presente que las

mangueras de caucho se vuelven rápidamente porosas y permeables con los rayos solares. Mientras más larga sea la tubería de gas, mayor será la caída de presión. Por ello, dependiendo del uso que se quiera dar al gas, puede ser necesario adaptar a la línea un soplador o compresor.

1.3.4.5. Uso del Biogás

Los usos que pueden darse al biogás son básicamente:

1. La combustión directa en equipos de calefacción, refrigeración, iluminación o potencia mecánica.
2. La combustión para generar energía eléctrica.
3. El almacenamiento para su posterior utilización o venta.

A continuación se detallan los equipos y alternativas para cada uno de los usos. En la selección de un uso específico deberá considerarse:

- El tipo de energía actualmente consumida por el establecimiento (electricidad, gas natural, leña, otros combustibles fósiles, etc.)
- Los niveles de consumo, actuales y proyectados
- Las fluctuaciones en el consumo, tanto diarias como estacionales
- Los precios de cada tipo de energía, actuales y proyectados
- Las alternativas, adaptaciones y equipos requeridos por cada uso

1. Generación de electricidad

La electricidad puede ser generada para el uso interno o la venta a la red eléctrica local. Las industrias láctea y porcina modernas poseen instalaciones que requieren una cantidad significativa de energía para operar. La tecnología más utilizada para la generación es el generador movido por un motor de combustión interna o turbina de gas.

Los principales componentes del sistema son:

- A) Motor de combustión Interna:

Los motores nafteros, de gas natural o propano se convierten fácilmente para quemar biogás mediante la modificación de la carburación y los sistemas de encendido.

Estos motores están disponibles en prácticamente cualquier capacidad que se requiera.

Dependiendo del diseño del motor y factor de carga, un motor generador de este tipo normalmente es capaz de convertir entre el 20 y 30 % de la energía contenida en el biogás en electricidad. Si el tratamiento del biogás es bueno, el equipo no requiere un acondicionamiento adicional para su combustión.

O B) Turbina de gas:

Existen en el mercado pequeñas turbinas de gas específicamente diseñadas para la combustión de biogás. Una ventaja de esta tecnología es que reduce las emisiones de NO_x y tiene menores costos de mantenimiento. Sin embargo, la eficiencia energética es menor y la inversión requerida mayor.

- A) Generador de inducción

Funciona en paralelo con la red eléctrica y no puede hacerlo en forma independiente. Si la escala del establecimiento es grande, generalmente el sistema de inducción será conveniente.

- ↑ La fase, frecuencia y voltaje del generador son las mismas que las de la red, lo que simplifica su interconexión.
- ↑ El generador funciona a una salida constante lo que permite un uso más eficiente del biogás y menor desgaste en los equipos.
- ↑ El equipo se dimensiona en función a la disponibilidad de biogás en contraposición a la demanda energética del establecimiento. El establecimiento compra energía cuando la demanda es mayor a la generación y vende en la situación inversa.
- ↓ El equipo no puede funcionar en forma independiente a la red.

O B) Generador sincrónico

Opera en forma aislada o paralela a la red.

- ↑ El generador puede suministrar electricidad al establecimiento, independientemente de la red.
- ↓ Requiere un sofisticado sistema de control y almacenamiento de gas para satisfacer las cargas cambiantes.
- ↓ Las fluctuaciones de la demanda de electricidad generan un mayor desgaste en los equipos.
- ↓ El equipo suele ser sobredimensionado para cubrir las demandas máximas de electricidad.

- La generación paralela requiere de una interconexión para que la salida del generador coincida con la fase, frecuencia y voltaje de la red.

- Sistema de control

Los controles son necesarios para proteger al motor y a la red. Estos paquetes se encuentran bien desarrollados y permiten apagar el motor ante problemas mecánicos (alta temperatura, bajo nivel de agua o aceite), desconexión de la red o desfasajes entre el generador y la red (fase, frecuencia o voltaje). El sistema de control seleccionado debe estar diseñado para funcionar en un ambiente húmedo y con gases corrosivos, como el amoníaco.

- (Sistema de recuperación del calor residual)

Se trata de una instalación opcional. Entre el 70 y 80% de la energía aportada por el biogás a un motor es rechazada en forma de calor. La recuperación del calor residual de estos motores puede proporcionar agua caliente para uso interno o calefacción del digestor, mejorando así la eficiencia energética global del sistema.

Existen intercambiadores de calor comercialmente disponibles que permiten recuperar el calor del agua de refrigeración y sistema de escapes del motor, logrando un aumento de la eficiencia energética de entre 40 y 50%.

2. Combustión Directa

El biogás recuperado y acondicionado puede utilizarse directamente en el sitio como combustible. Los equipos diseñados para quemar gas natural o propano (tales como calderas, hornos de aire forzado, enfriadores, etc.) pueden ser fácilmente adaptados para utilizar el biogás. Sin embargo, en la mayoría de los establecimientos el consumo de este tipo de energía será más limitado en comparación a la electricidad. La *Tabla 1.9* sintetiza usos potenciales:

Uso	*Equipo*	*Consumo*	*Eficiencia (%)*	*Observaciones*
Calefacción	Quemador de cocina	300 - 600 l/h	50 – 60	Las cocinas y calentadores son fácilmente adaptables, agrandando el paso del gas de los quemadores.
	Quemador (10 KW)	2000 l/h	80 – 90	Son utilizados en la calefacción de ambientes (especialmente en criaderos). Tienen una alta eficiencia.
	Quem. Infrarrojo (200 W)	30 l/h	95 – 99	
Refrigeración	Heladera de (100 l)	30 - 75 l/h	20 – 30	Tienen un consumo parejo y distribuido a lo largo del día lo que minimiza la necesidad de almacenaje del gas. Se han desarrollado equipos a gas para el enfriamiento de leche y/u otros productos agrícolas.
Iluminación	Lámpara a mantilla (60W)	120 - 170 l/h	30 – 50	Tienen una muy baja eficiencia. El ambiente donde se las utilice debe disipar el calor que generan.
Energía Mecánica	Motor de combustión interna	500 l/KWh	25 – 30	Los motores a biogás tienen amplio espectro de aplicación en los procesos agropecuarios. El biogás puede ser utilizado en motores de gas natural o propano, nafteros y diesel. Los motores a gas requieren mínima adaptación. En los motores de ciclo Otto, el carburador convencional es reemplazado por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con nafta y luego siguen funcionando con un 100% de biogás (merma de potencia del 20-30%). A los motores de ciclo Diesel se les agrega un mezclador de gases con un sistema de control, manteniendo el sistema de inyección convencional. Pueden funcionar con distintas mezclas de biogás-diesel.

Tabla 1.9 – Usos del biogás

Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía relevada. Valores obtenidos del Manual para la producción de biogás. - HILBERT, Jorge A. (2003).

3. Almacenamiento

La producción de gas de un digestor es continua pero generalmente no ocurre lo mismo con el consumo. Por este motivo, es necesario almacenar el gas producido durante las horas en que no se consuma. Las fluctuaciones del consumo y su intensidad determinarán el volumen de almacenamiento requerido. Por lo general, el volumen de almacenamiento no baja del 50% de la producción diaria.

La energía contenida en el biogás puede ser almacenada de diferentes formas:

- Gas

  El gas constituye la forma de energía más directa por lo que la primera opción deberá ser intentar almacenarlo en esta forma. El almacenamiento puede ser:

  - A baja presión

    Se almacena el gas tal cual se obtiene en los gasómetros del digestor. Las principales opciones son:

    1. Digestores totalmente cerrados (presión variable).
    2. Digestores con campana flotante (presión constante).
    3. Digestores con cubierta flexible inflable (presión variable)

    Estos sistemas no superan presiones de 0,1 bar, siendo la media 0,035 bar. Con estos niveles de presión los artefactos domésticos pueden funcionar correctamente.

  - A media y alta presión

    El objetivo del almacenaje a presiones mayores es reducir el volumen de las instalaciones. La compresión a presiones medias (0,5 a 1,5 bar) y altas (hasta 300 bar) requiere el acondicionamiento del gas (extracción del vapor, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico) y un gasto energético considerable. Adicionalmente las instalaciones de compresión y almacenamiento son costosas debido a las medidas de seguridad necesarias.

- Calor

  La energía también se puede almacenar en forma de calor, por ejemplo, calentando agua a la que se mantiene en un recipiente aislado hasta el momento de su utilización.

1.3.4.6. Tratamiento del efluente

Los principales objetivos del post-tratamiento son:

- Reducir el nivel de contaminantes y patógenos en el efluente a fin de efectuar el vertido o aplicación segura del mismo.
- Mejorar sus propiedades a fin de facilitar su comercialización

Como se explicó anteriormente, el proceso de digestión anaeróbica elimina una importante fracción del nivel de patógenos lo que permite garantizar una aplicación segura como fertilizante en la mayoría de los casos. Por ello, el principal problema para la comercialización del efluente suele ser su excesivo volumen (el costo del flete puede terminar determinando que la adquisición del mismo no sea rentable) y los ajustes a efectuar en su composición. Por tal motivo, el análisis de post-tratamientos se centrará en los métodos de separación de fases líquido-sólido.

El proceso de separación de fases, aunque no modifica los contenidos del efluente, permite dividir las excretas en dos fracciones distintas lo que facilita su gestión. Las fases obtenidas son:

- Fase sólida o concentrada, con una elevada concentración de sólidos.
- Fase líquida o diluida, fracción acuosa con algunos elementos disueltos y en suspensión.

Para clasificar los métodos de separación podemos establecer dos criterios fundamentales: 1) El nivel de separación; 2) El principio de funcionamiento. En función de estos criterios se construyo la *Tabla 1.10* que describe métodos alternativos de separación de fases.

Cuando el tamaño de los sólidos contenidos en el efluente es muy heterogéneo, puede ser conveniente establecer una combinación de sistemas de separación.

Cuando solo se utilizan medios mecánicos de separación, se dice que es un proceso físico. Para aumentar la eficacia de la separación puede incorporarse algún agente químico, en cuyo caso será un proceso físico-químico. Es importante que estos compuestos no formen o agreguen elementos que puedan afectar la calidad y uso de las fases separadas.

Nivel	*Ppio. de Funcionamiento*	*Descripción*	*Alternativa*
Macro	*Decantación Natural*	Los componentes no disueltos decantan en forma natural. Es necesario efectuar tareas de mantenimiento y extracción periódica de los sólidos acumulados en el fondo para mantener la capacidad de las lagunas. Es la opción más económica para separar partículas en suspensión, pero su rendimiento es muy bajo.	Laguna de sedimentación
	Mecánica por gravedad	Consiste en el uso de uno o varios tamices y la acción de la fuerza de la gravedad. El diámetro de poro de la malla del tamiz determinará el tamaño de las partículas que permanecerán en el líquido. Los requerimientos energéticos son bajos pero también su eficacia de separación.	Tamiz estático Tamiz deslizante Tamiz vibratorio Tamiz rotativo
	Mecánica por presión	Están basados en presionar el efluente a separar contra una superficie que permite su filtrado.	Prensa de rodillos Prensa de bandas Prensa de tornillo Filtro Prensa
	Mecánica por centrifugado	Consisten en un cuerpo cilíndrico, horizontal o vertical, que gira de forma continua y a gran velocidad. En la pared interior de dicho cuerpo, la fuerza centrífuga separa en dos capas distintas el líquido y los sólidos contenidos en el efluente. Otro cuerpo, exterior al primero y que gira ligeramente más rápido, desplaza los sólidos hacia un extremo con forma cónica, por donde son descargados. Los decantadores centrífugos (cuerpo horizontal) son especialmente efectivos en la separación de los sólidos, logrando niveles de humedad en la fracción sólida relativamente bajos.	Hidrociclón Decantador Centrífugo Centrisieve
Micro	Filtración con Membrana	La filtración en membrana consiste en una separación física a través de una membrana semipermeable que retiene las partículas de medida superior al diámetro del poro o selectividad.	Nanofiltración Ultrafiltración Microfiltración

	Osmosis Inversa	Consiste en dividir el flujo del efluente mediante una membrana semipermeable en una fracción diluida y otra concentrada. Al aumentar la presión sobre el lado de mayor concentración, puede lograrse que el agua pase desde el lado de alta concentración de sales al de baja concentración. La utilización de la ósmosis inversa en el tratamiento de efluentes permite concentrar la contaminación en un volumen reducido, recuperar productos de alto valor económico y recircular el agua.	Ósmosis inversa

Tabla 1.10 – Clasificación de métodos de separación de fases
Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía relevada

1.4. Ventajas, riesgos y oportunidades

1.4.1. Ventajas

Las ventajas que se mencionan a continuación fueron analizadas para el proceso propuesto anteriormente (en su versión más integral y compleja), aunque muchas de ellas también serán extensibles a aplicaciones parciales o menos intensivas.

Es importante también destacar el rol fundamental que tendrán en el éxito del proyecto y pleno aprovechamiento de sus ventajas quienes asuman su dirección. Un adecuado diseño y gestión pueden garantizar una buena rentabilidad, con impactos ambientales y sociales positivos significativos.

Por último, los aspectos de la coyuntura actual que han sido señalados a lo largo de la presente investigación hacen que muchas de estas ventajas tengan mayor importancia.

Generación de subproductos capaces de producir importantes ingresos/ahorros

- Biogás

El proceso se desarrolla buscando optimizar la generación de biogás, entre otros objetivos. Este gas rico metano es una fuente de energía muy versátil (puede convertirse rápidamente en otras formas de energía como calor o electricidad) y, por sobre todo, de carácter renovable.

- Fertilizantes orgánicos

Los biofertilizantes permiten aumentar la calidad y fertilidad del suelo. Si bien los estudios disponibles al respecto son insuficientes, existe un consenso entre los diferentes investigadores respecto a la superioridad de los fertilizantes orgánicos frente a los químicos o industriales. Referir a la sección *[2.5.1 Alternativas como fertilizantes]*

- Agua reciclada

En algunas instalaciones productivas la disponibilidad de agua suele ser un factor limitante. Desde la perspectiva del consumo de agua, el proceso puede tener un efecto positivo debido a la no contaminación de nuevas fuentes y la recuperación de gran parte del agua contenida en el efluente.

Mejoras en la gestión de ambiental

- Reducción de olores

Los sistemas de digestión anaeróbica reducen los molestos olores que se generan con otro tipo de manejo. Estos olores perjudican la calidad del aire, pueden ser un riesgo para la salud de las personas y animales, y generan una molestia a las comunidades

cercanas. La técnica propuesta elimina estos olores debido a la captación de los gases generados en la digestión y, especialmente, debido a que los ácidos orgánicos volátiles (principales causantes del olor) son transformados en el proceso.

Durante el proceso también se reduce sustancialmente la demanda bioquímica de oxígeno del efluente, debido a la transformación de materia orgánica en los procesos de digestión.

- Control de patógenos y plagas

El nivel de destrucción de patógenos depende en gran medida de la temperatura a la cual se desarrolla el proceso de digestión. Sin embargo, se ha demostrado experimentalmente que más del 85% de los patógenos no sobrevive el proceso de biodigestión. El proceso también elimina en forma casi completa la presencia de semillas de maleza, lo que redunda en una mejora de la calidad del fertilizante y una reducción en la cantidad de herbicidas que serán necesarios (con su consecuente impacto ambiental)[6].

Por último, el mejor manejo de residuos permite limitar la expansión de plagas como los mosquitos, moscas y ratas.

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

El sistema reduce la liberación de gases de efecto invernadero en diversos procesos:

- La captación de las emisiones generadas por la descomposición de la biomasa
- La sustitución de combustibles fósiles en la generación de energía
- La sustitución de combustibles fósiles en la producción de fertilizantes

Existen métodos de cálculo que permiten estimar la magnitud de este impacto considerando el antiguo y nuevo método de gestión de residuos.

A su vez, esta reducción puede traducirse en la obtención de bonos de carbono negociables en diferentes mercados. Este punto será explicado en detalle más adelante, pero puede constituir una fuente adicional de ingresos.

- Reducción de la contaminación de suelos y fuentes de agua

El efluente que se genera en el digestor es más uniforme y predecible que los productos que pueden obtenerse del estiércol no tratado. A su vez, como fue señalado anteriormente, el sustrato sufre una serie de transformaciones que hace que sea más

[6] Basado en datos de A Manual for Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United States - AgSTAR. (2008)

fácilmente asimilable por parte de las plantas. Estas mejoras facilitan el aplicado y absorción del fertilizante, reduciendo la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas o de superficie.

Otras ventajas no cuantificables

- Desarrollo tecnológico del sector y creación de oportunidades laborales

El desarrollo del proyecto permite al establecimiento posicionarse como uno de los pioneros en la implementación de la tecnología. Si bien esto constituye un riesgo, es también la oportunidad de construir nuevo conocimiento que pueda ser luego aprovechado en otras instalaciones. Además, el proyecto genera nuevas fuentes de trabajo asociadas a la construcción y operación de las instalaciones.

- Mejora de la imagen del establecimiento y relación con la comunidad

Tanto la legislación como la comunidad en general, son cada vez más consientes y exigentes en lo que refiere al cuidado del medio ambiente. La tecnológica permite al establecimiento cumplir con la legislación vigente y mejorar su gestión ambiental.

- Eliminación de restricciones a la expansión de la ganadería intensiva

La intensificación de la ganadería se ve en gran medida restringida por los aspectos ambientales como la contaminación del suelo, aire y fuentes de agua. En función de estos parámetros, las diferentes normativas establecen densidades máximas de población de ganado que buscan asegurar la calidad de vida de la comunidad y la sanidad de los animales. Mediante un sistema de digestión anaeróbica se reducen los espacios necesarios para el procesamiento de excretas y los niveles de contaminación, permitiendo eventualmente continuar intensificando la actividad.

1.4.2. Riesgos

Todo proyecto, y en particular uno como el propuesto (tan vinculado a aspectos ambientales), supone riesgos y potenciales efectos negativos. Estos deberán ser eliminados en los casos en que sea posible, o cuando menos mitigados. En este sentido, con un adecuado diseño y una buena gestión, los potenciales riesgos señalados a continuación pueden ser minimizados.

- Costos

La tecnología propuestas requiere de inversiones relativamente importantes (elevado costo de capital) y costos operativos también significativos. Por este motivo es que el negocio debe encararse de manera integral, ya que es improbable que pueda costearse de otra forma. Los nuevos costos estarán asociados a:

- Inversión en instalaciones
- Mantenimiento y operación de las instalaciones
- Soporte técnico y consultoría
- Comercialización de los subproductos

Una alternativa para reducir estos riesgos es la implementación parcial de la tecnología por medio de pruebas pilotos. De esta forma es posible conocer y optimizar el proceso antes de aplicarlo en plena escala.

- Contaminación, ruido e impacto visual

Si bien es cierto que un adecuado manejo del proceso tiene efectos muy positivos en lo que refiere a la contaminación ambiental, una gestión inadecuada puede tener efectos catastróficos (sobre todo en aquellas situaciones en las que se diseñen sistemas centralizados que recolecten los residuos de diferentes establecimientos). Las nuevas instalaciones posiblemente también generen contaminación visual y sonora.

1.4.3. Oportunidades

A continuación se presentan un conjunto de pautas que permiten detectar oportunidades de aplicación. En la medida en que un establecimiento reúna mayor cantidad de estos atributos, mayor será la factibilidad de una implementación concreta. Sin embargo, las mismas deben tomarse únicamente como guías orientativas que deberán profundizarse con el estudio en detalle de cada situación.

Nota: Se incluyen las respuestas para el caso que se estudiará en la sección [3. Análisis para el establecimiento seleccionado] entre paréntesis y en cursiva.

¿Los insumos tienen un bajo costo de oportunidad?

- Se lleva a cabo una producción de tipo intensiva, donde se concentra la materia prima a emplear. *(SI)*
- El costo de manipuleo de las materias primas es bajo y competitivo. *(SI)*
- No hay restricciones de tipo social al manejo y aprovechamiento de residuos. *(NO)*
- Existe una tradición, costumbre o metodología de recolección de los residuos. *(SI)*
- Se dispone de agua en forma, cantidad y calidad suficiente para alimentar los digestores. *(SI)*
- Se dispone de capital suficiente, con un bajo costo de oportunidad. *(Parcialmente)*

- Existe disponibilidad de mano de obra con capacidad y voluntad para la operación de los digestores. *(Parcialmente, es escasa)*

¿El sistema es eficiente?

- Hay seguridad en el suministro de sustrato fermentable. *(SI)*
- Se dispone de asistencia técnica para las etapas de diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento del digestor. *(SI)*
- La temperatura ambiente a lo largo del año no es demasiado baja (los sistemas de calefacción y aislación requieren mayores inversiones, y el balance energético no suele ser tan positivo). *(SI)*
- El diseño del digestor es adecuado (facilidad de operación, menores consumos, mayor confiabilidad). *(SI)*

¿Los productos generados tienen un alto costo de oportunidad?

- Existen restricciones al acceso a combustibles tradicionales debido a escasez, indisponibilidad, o altos costos. *(NO)*
- Existe la posibilidad de dar un uso directo a la energía generada, ya sea para autoconsumo o venta. *(SI)*
- Los costos asociados a los tratamientos de residuos son altos. *(No cuantificados)*
- Existen restricciones a la utilización de otro tipo de fertilizantes (ya sean químicos u orgánicos obtenidos por otros procesos) debido a escasez, altos costos o cuestiones ambientales. *(NO)*
- Las características del suelo son tales que se logran altas respuestas en el rendimiento de los cultivos ante aplicaciones de abonos. *(No cuantificados)*

¿Existen situaciones puntales qué motiven su implementación?

- Existe un amplio apoyo gubernamental a iniciativas de esta índole, a través de asistencia técnica y acceso a financiación. por medio de diferentes organizaciones *(Parcialmente)*
- Deben resolverse graves problemas ambientales vinculados a la contaminación de aire, suelo y aguas. *(SI)*
- Hay una necesidad de incrementar la productividad (intensificar la cría). *(SI)*

2. PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN EN ARGENTINA

2.1. Perspectivas del sector porcino Argentino

2.1.1. Estructura del sector

El esquema que se presenta en la *Figura 2.1* muestra la estructura básica de la cadena de porcinos:

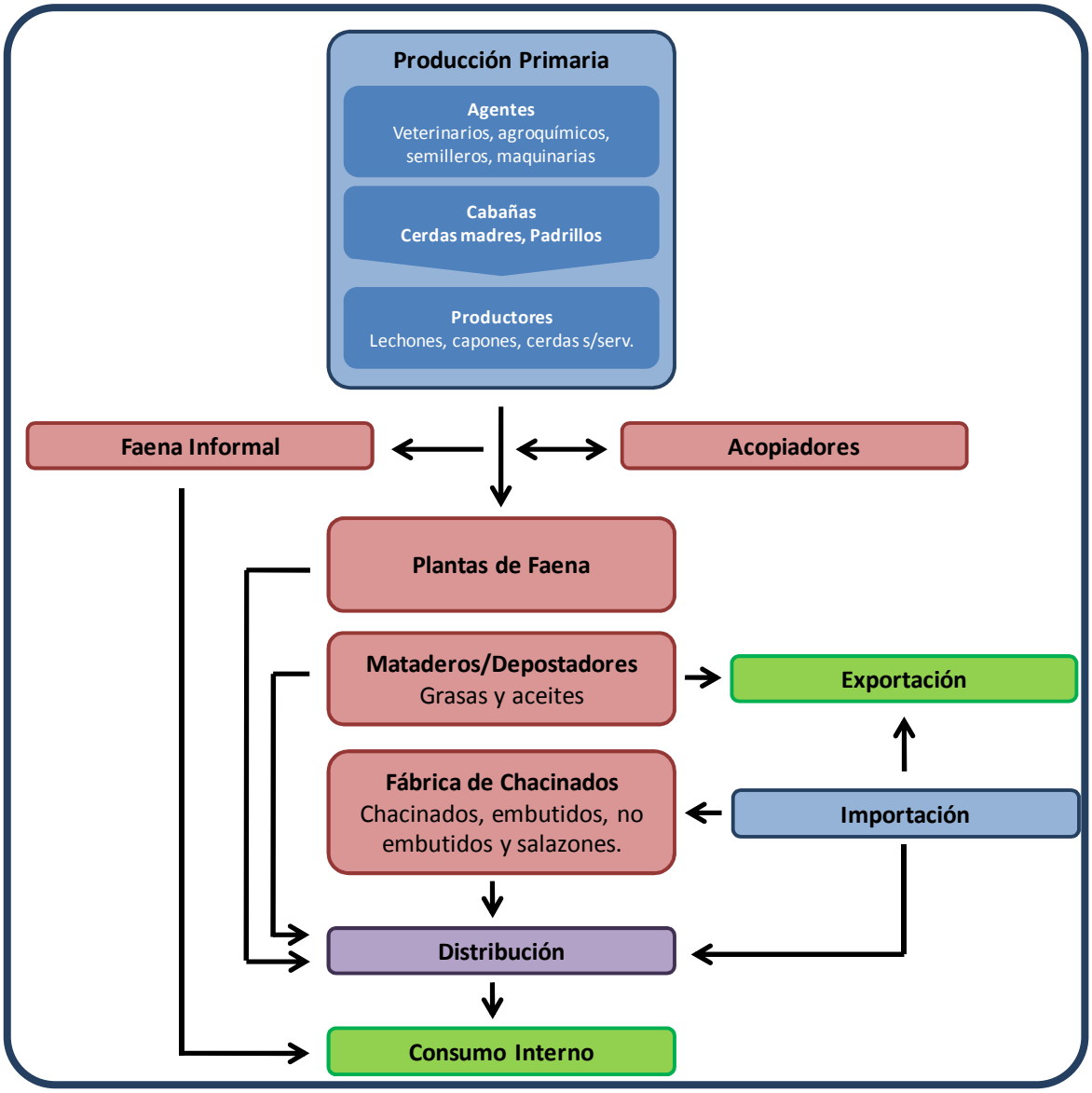


Figura 2.1 – Estructura del sector porcino

El sector primario de la cadena comienza con el productor que, básicamente, puede dedicarse a la producción de lechones o a la de capones y hembras sin servicio. Dentro del sector primario pueden incluirse también a las cabañas especializadas en la cría de animales para reproducción (padrillos y cerdas madres) y a toda la red de agentes que

ofrece servicios de apoyo a los mismos (veterinaria, asistencia técnica, maquinaría y equipos, semillas y alimentos, etc.)[7]

2.1.2. Presente y futuro [8]

Desde el 2003, la producción mundial de carne porcina creció a una tasa anual promedio de 3,4%. Además, conserva desde hace varios años su posición como el tipo de carne más consumida en el planeta, con cerca de 102 millones de toneladas en el 2007 [9]. Los indicadores más relevantes del sector a nivel mundial se presentan en la *Figura 2.2*.

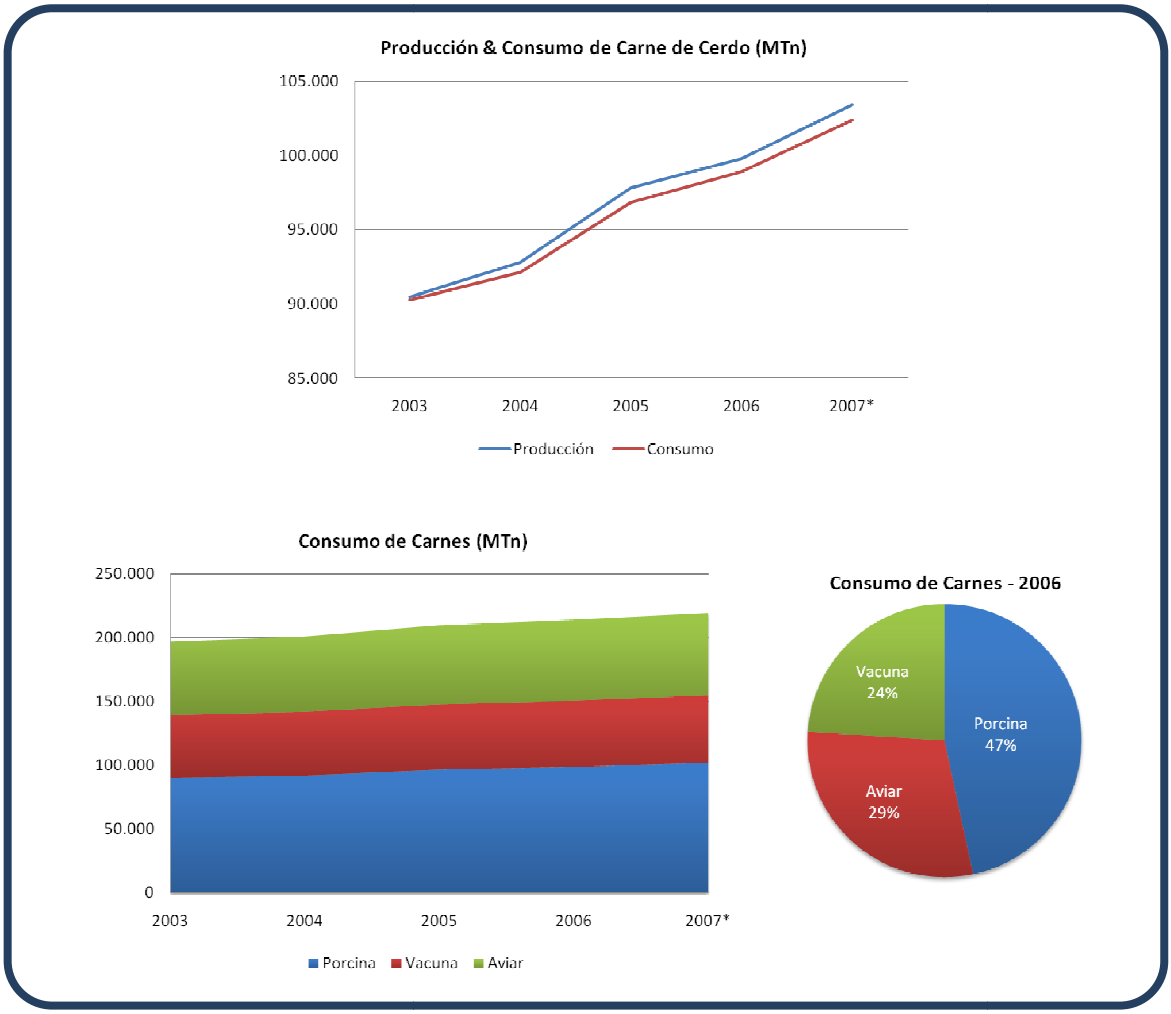


Figura 2.2 – Indicadores porcinos mundiales

Fuente: Adaptación de datos basados en información del United States Department of Agriculture

[7] Para más información acerca de la estructura del sector referir al *[ANEXO IV – Otros agentes de la cadena porcina]*

[8] Para información anterior sobre el sector referir al *[ANEXO V - Historia y evolución del sector porcino]*

[9] Los datos fueron obtenidos a través de información del United States Department of Agriculture

Más allá del desarrollo mundial del sector y de las ventajas comparativas (disponibilidad de suelos, agua dulce, clima benigno, etc.) con que Argentina cuenta para producir cerdos de manera eficiente, el sector porcino de nuestro país no ha podido mostrar toda su potencialidad. La desarticulación entre la industria y la producción primaria, sumada a la ausencia de políticas estratégicas, tornaron a la actividad poco predecible limitando la inversión de capitales y demorando su desarrollo

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. Esto contribuyó a una mejora sustancial en la rentabilidad de la actividad primaria, principalmente durante el período 2003-2005. Ello trajo consigo un incremento de la producción, llegando a niveles cercanos al autoabastecimiento y con una creciente sustitución de importaciones. Ver *Figura 2.3*

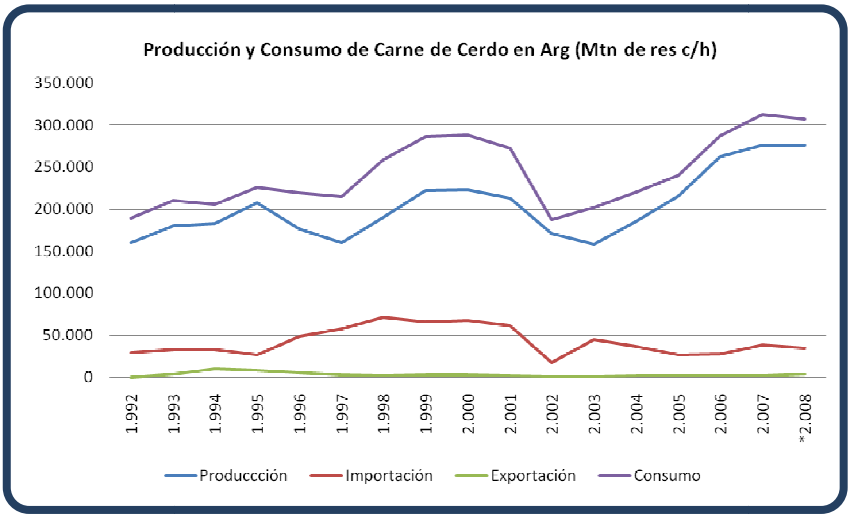


Figura 2.3 – Evolución de la producción Argentina

Fuente: Adaptación de datos basados en información de la SGAyP

Si bien los datos hasta el 2007 marcan una tendencia creciente, en el 2008 hay una leve caída. Esto se debe al ingreso de mercadería importada a menores precios, forzando una importante disminución del precio pagado al productor por sus cerdos. Si a ello se le adiciona el incremento experimentado por los granos (principal insumo de la actividad) el resultado es un deterioro muy importante de la rentabilidad. Sin embargo, la actual coyuntura del sector nacional es producto de una situación temporaria y, más allá de estos hechos circunstanciales, el escenario futuro resulta promisorio.

Uno de los principales desafíos en el futuro cercano y a nivel mundial es el incremento en los precios de los insumos. La industria de los biocombustibles (etanol y biodiesel, principalmente) aparece como una verdadera devoradora de granos, ejerciendo una gran

presión sobre los stocks mundiales (hasta hoy suficientes para cubrir las necesidades de la alimentación humana y de la producción animal). Esto está impactando positivamente en las expectativas de precios a futuro, generando una suba de costos. Este escenario expondrá a nuevos retos a las producciones animales intensivas del mundo.

El sector porcino argentino tiene condiciones de crecimiento que no logró hasta ahora, pero existen varios factores que permiten prever que hay posibilidades de incrementar la producción porcina y de exportarla a diversos mercados (ver *Figura 2.4*, a continuación). Desde la producción primaria se observa no sólo una mayor tecnificación de los sistemas en busca de mejores índices productivos, sino también un aumento de las inversiones en nuevas granjas y la ampliación de las existentes. Esto se ha traducido en el aumento de la oferta de carne porcina nacional, indispensable para abastecer la demanda actual y futura creciente[10].

FODA

FORTALEZAS

- Costos de producción competitivos respecto a los principales países productores.
- Disponibilidad de superficie y condiciones agroecológicas propicias para la crianza de cerdos, respetando el bienestar animal y el cuidado del medio ambiente.
- Tendencia creciente a producir carne de calidad.
- Existencia de :
  - Un sistema de evaluación de calidad de reses.
  - Un sistema de info. de precios de referencia.
  - Genética y tecnología de alto nivel.
  - Grupos de técnicos especialistas en prod. porcina.
- Sector generador de valor agregado por la eficiente transformación de alimento en carne.
- Capacidad instalada de plantas de faena y procesamiento, capaz de abastecer la demanda.

OPORTUNIDADES

- Alto consumo mundial de carne porcina, con tendencia a incrementarse en el futuro.
- Bajo consumo interno per cápita se traduce en alto potencial de desarrollo del mercado interno , especialmente de carne fresca.
- Posibilidad de sustituir importación con producción local, utilizando la capacidad ociosa de plantas procesadoras.
- Posibilidad de desarrollar y diferenciar productos destinados al mercado interno y externo.
- Programa de Erradicación de la Peste Porcina Clásica próximo a concretar su objetivo ante la inexistencia de focos de la enfermedad y la inexistencia de transmisión viral.
- Actividad generadora de empleo para las PyMES con el consiguiente arraigo rural en la zona.

[10] Para más información acerca de la actualidad del sector referir al *[ANEXO VI - Datos adicionales sobre la producción porcina en Argentina]*.
- Principales actores
- Características del consumo de carne porcina
- La producción Argentina en el mundo
- Formación de precios

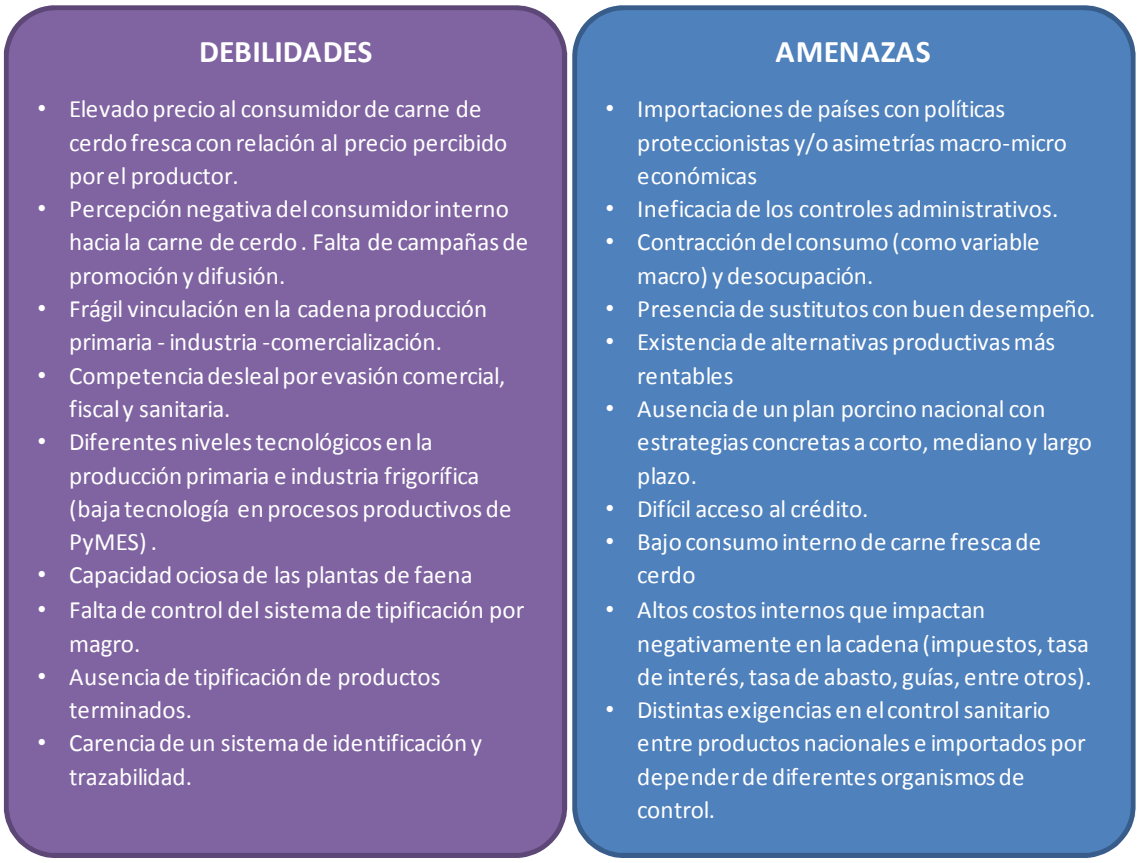


Figura 2.4 – Análisis FODA para el sector porcino

2.2. Cría de Cerdos

2.2.1. Procesos en la cría intensiva y confinada de cerdos

Los sistemas de producción más utilizados pueden clasificarse en:

- Sistema de cría a campo

Se cría el cerdo a campo abierto. Es un sistema que requiere bajas inversiones, menores gastos en mantenimiento, garantiza el bienestar animal, tiene mayor flexibilidad y es sustentable agro-ecológicamente. Como contrapartida, el ambiente de desarrollo no es controlado por el productor, hay limitaciones en cuanto al número de madres y requiere más mano de obra.

- Sistemas confinados

Los sistemas bajo galpón permiten alcanzar grandes volúmenes de producción, requieren menos mano de obra, permiten obtener altos índices productivos y controlar el ambiente de desarrollo. Como desventaja implican grandes inversiones, son menos flexibles y exigen una delicada gestión ambiental y cuidado del bienestar animal.

- Sistemas mixtos

Desarrollan algunas etapas de la cría a campo y otras bajo galpón (usualmente la maternidad y terminación), a fin de aprovechar las ventajas y cubrir las falencias de cada sistema.

En la sección precedente se señaló que uno de los criterios para detectar oportunidades era la factibilidad de recolectar grandes cantidades de biomasa en forma poco costosa y periódica. Por sus características, los sistemas confinados (y las etapas bajo galpón de los sistemas mixtos) presentan las mejores oportunidades de recuperación de excretas. Por este motivo, el análisis solo describirá los procesos aplicados en establecimientos confinados, ya que son los que presentan el mayor potencial de aplicación de tecnologías de digestión anaeróbica.

El confinamiento intensivo porcino se subdivide en dos tipologías fundamentales: 1) Intensivo de Reproducción; 2) Intensivo de Crecimiento. En algunos casos el confinamiento de reproducción puede prever también el engorde de animales. En tal caso se habla de ciclo cerrado o completo, mientras que en los casos en que el destino del confinamiento sea único (reproducción o crecimiento) se habla de granja a ciclo abierto o incompleto. Entre los dos extremos existen una serie de situaciones intermedias que son denominadas a ciclo parcialmente cerrado y abierto.

Como se observa en la *Figura 2.5,* cada ciclo tiene una serie de procesos que lo caracteriza. Hay además un conjunto de actividades que son comunes ambos e involucran la gestión alimenticia, ambiental y sanitaria.

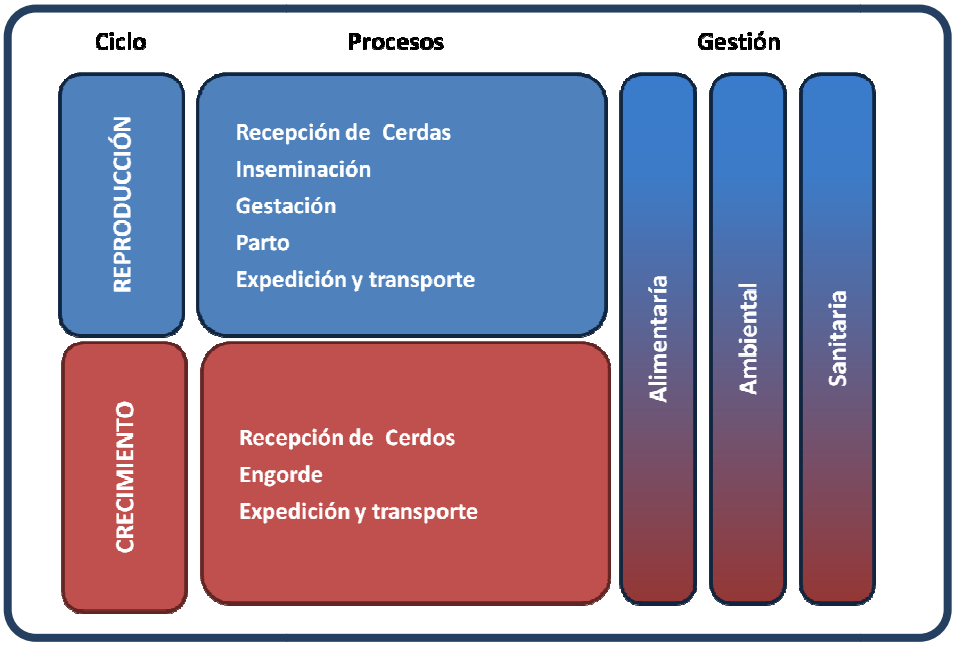


Figura 2.5 – Procesos y gestión en la cría intensiva de cerdos

No es el objetivo de esta sección desarrollar estos aspectos en profundidad sino simplemente presentar los procesos a fin de entender el funcionamiento de un establecimiento como el que se estudiará más adelante. La *Tabla 2.1* efectúa una breve descripción de los mismos.

Ciclo	*Procesos*	*Descripción*
Reproducción	Recepción de cerdas de reproducción	Se lleva a cabo la descarga de los animales. Las cerdas de reproducción pueden provenir: • De criaderos especializados (cabañas): Las cerdas son destinadas a las salas de espera o al local de cuarentena donde los animales que presentan signos evidentes de enfermedades, traumas o debilitamiento son separados para efectuarles un tratamiento adecuado. • Del interior de la granja: Las cerdas son enviadas a la zona de estímulo, listas para ser inseminadas. Terminada la descarga, el tráiler es lavado y desinfectado.
	Inseminación	Las cerdas madres son trasladadas al sector de inseminación en jaulas individuales a la espera del primer estímulo. En esta zona, independientemente de la técnica de fecundación utilizada, se efectua diariamente la estimulación con el padrillo, el cuál es conducido por un operario entre las jaulas. La inseminación puede ser: • Natural (solo en pequeña escala y en algunos animales): La cerda es transferida a su correspondiente jaula para ser montada por el padrillo. • Artificial: Comprende la extracción del semen del padrillo, el análisis del mismo, la preparación de dosis y la inseminación en sí misma.
	Gestación	Confirmada la gravidez, las cerdas son transferidas a boxes múltiples hasta una semana antes del parto.
	Parto	La sala de parto está equipada con diferentes jaulas, a fin de albergar a la cerda madre hasta el periodo de lactación. En general, el parto se realiza sin necesidad de que intervenga el operario. La cerda madre es particularmente agresiva y protectora del nido, por lo que la asistencia del operario constituye un factor de riesgo. Tras el parto se efectúa la cura y

		tratamientos sanitarios de los neonatos. Al fin del periodo de lactancia las madres dejan la sala de parto para volver al sector inseminación.
	Recría e inicio; expedición y transporte	Los lechones alejados de la madre son transferidos a la sala de destete. El proceso de engorde de los lechones destetados se conoce como recría. Los lechones destetados que llegan al peso de 20- 25 kg quedan disponibles para ser expedidos o transferidos al sector engorde. Para la expedición de los animales se procede a la carga sobre un tráiler, con excepción de los movimientos en el interior de las salas que se realizan con carros equipados o mediante corredores de movimiento.
Crecimiento	Recepción de Animales	Los animales son transferidos desde el sector destete al sector engorde o llegan transportados en tráiler desde establecimientos especializados. Se procede la descarga de la misma forma que con las cerdas reproductivas. Los animales, en este caso, son destinados a salas donde serán engordados hasta el peso de faena previsto. Previo a la descarga, los operarios esparcen alimento en el suelo delimitando una zona de reposo y otra de defecación (los cerdos se educan, pues no defecan donde comen). Los cerdos son encerrados en boxes, subdivididos en grupos homogéneos en función de la edad y peso.
	Engorde	En los primeros días de confinamiento, los operarios y veterinarios verifican el estado de los animales y establecen la estrategia alimenticia y de profilaxis. De esta forma, se procede a la normal gestión alimenticia que en casi todos los casos incluye alimentación liquida, con distribución automatizada en los comederos.
	Expedición y transporte	Alcanzado el peso de faena, los animales son cargados en tráilers para su expedición a frigoríficos y establecimientos de faena.

Tabla 2.1 - Procesos de la cría intensiva de cerdos

2.2.2. Instalaciones para la cría intensiva y confinada de cerdos [11]

Organización del criadero

La *Figura 2.6* representa un esquema de las distintas secciones de un criadero de ciclo completo real (con compra de cerdas madres a cabañas), junto con los flujos de animales.

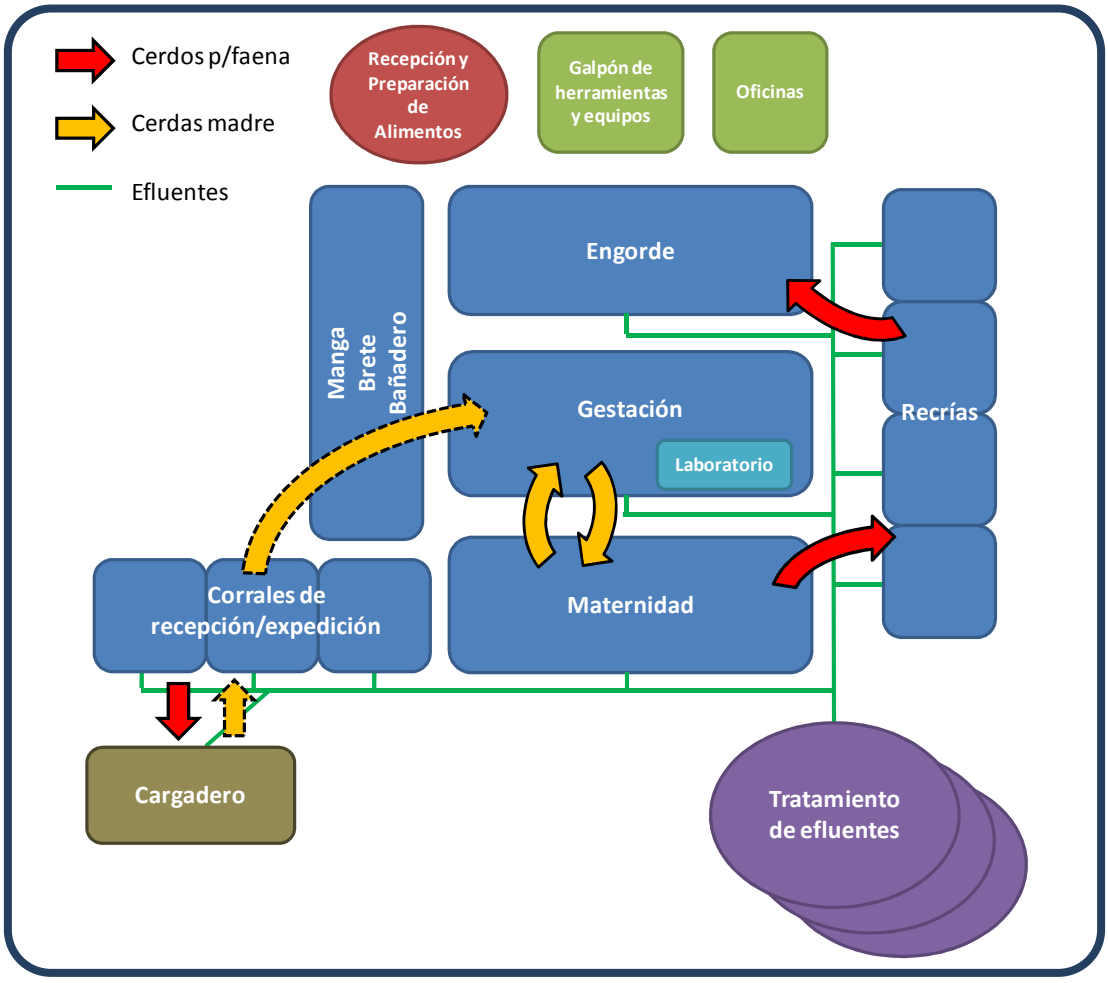


Figura 2.6 – Organización de un criadero de cerdos de ciclo completo.

En la explotación de ciclo completo existen básicamente dos ciclos que deben tenerse en cuenta. En primer lugar, el de los cerdos para faena: El ciclo comienza en la maternidad con el parto, continúa en la recría y finaliza en la pista de engorde con la terminación del mismo. En segundo lugar, el de la cerda madre: La cerda madre va a la sección de maternidad para el parto, luego del destete a la zona inseminación, permanece en lotes de gestación y finalmente vuelve a la maternidad.

[11] Para mayor información sobre las instalaciones porcinas referir al *[ANEXO VIII - Diseño de granjas porcinas]*

Independientemente del sistema de crianza utilizado, el criadero debe poseer una distribución racional que provea una comunicación funcional de sus partes y permita el fácil manejo de los animales y el acceso de vehículos sin dificultad.

Con el objetivo de comprender plenamente los procesos se detallan a continuación las instalaciones más importantes del criadero y sus funciones, junto con sugerencias y alternativas para su construcción.

Sectores

- Instalaciones para cerdas gestantes y vacías

Cuando se manejan las cerdas de reproducción en grupos bajo techo la mejor alternativa que existe en la actualidad es el manejo en jaulas individuales con el objeto de economizar espacio, mano de obra y mejorar los controles. Sin embargo el costo por infraestructura es un poco mayor.

El desarrollo sexual de las cerdas primerizas seleccionadas para ingresar a la piara de reproducción se acelera cuando se mantienen en grupos. Se recomienda que diariamente tengan algún contacto con los sementales (olor, vista o ruido).

- Alojamiento para el parto

La maternidad es una instalación destinada a la cerda que va a parir, y debe ofrecer comodidades para la madre, seguridad a los lechones y facilidad para el manejo. Es una instalación indispensable en cualquier sistema de crianza.

Aunque existen numerosos tipos de maternidad, hay algunas características comunes a todas ellas: una fuente de calor, un escamoteador y un protector contra el aplastamiento. Si la temperatura ambiente es menor de 25°C, el lechón recién nacido necesita calor. Los alojamientos más comunes y utilizados son los corrales o jaulas de parición.

El piso del espacio que ocupa la cerda debe ser ranurado de manera que el excremento y la orina puedan eliminarse rápida y eficazmente. Aquí los lechones deben de permanecer como mínimo 2 semanas con su madre, pudiendo permanecer en el caso de destetes tempranos y medianos toda su lactancia.

Si las temperaturas son elevadas (>32°C), las cerdas deben contar con algún sistema de enfriamiento artificial (aspersión o goteo de agua, cojín, corrientes de aire fresco, etc.)

- Corrales de lactancia

De 2 a 3 semanas post-parto la cerda y su camada pueden ser trasladadas a un segundo corral de lactancia, donde permanecerán hasta el último día de este período. Estos

corrales se encuentran adaptados para la protección de los lechones, contando con fuentes de calor, comederos y bebederos separados para la cerda y los lechones.

- Corrales para inicio y pre-inicio (recría)

Una vez que los lechones han terminado su período de lactancia, deben recibir una atención especial bajo condiciones adecuadas (especialmente en el caso de los destetes precoces). Los cerdos permanecerán en este sector durante el período post-lactancia y hasta alcanzar aproximadamente los 20-25kg.

La alternativa moderna es la utilización de cunas con piso totalmente o parcialmente enrejillado debido a la necesidad de obtener excelentes condiciones sanitarias, y reducir al mínimo la humedad y las corrientes de aire inadecuadas.

- Corrales para desarrollo y engorde

En estas instalaciones se ubican a los cerdos inmediatamente después de salir de los corrales de inicio hasta que obtengan el peso deseado al mercado. Su diseño busca minimizar los requerimientos de mano de obra en alimentación y limpieza.

Los comederos se ubican en la parte de descanso con el propósito de mantener esa área lo más seca posible (se recuerda que los cerdos no defecan en la zona en donde se alimentan). El bebedero, al contrario, se debe ubicar siempre en la parte más profunda del corral. Es importante no agrupar muchos animales por corral (20-30 cerdos/corral) y respetar los requerimientos de espacio mínimos.

- Padrilleras

Son el alojamiento de los padrillos. La superficie del recinto no debe ser menor a 100 m^2 y deberá contar con un refugio bien diseñado que provea de abrigo y sombra al cerdo. El comedero debe estar bajo techo y el bebedero en el otro extremo, de manera que el cerdo se vea obligado a caminar. No es conveniente poner los padrillos separados por una cerca de alambres, porque si se ven se alteran, buscan pelearse y desgastan energías innecesariamente.

- Manga, Brete, Cepo y Bañadero

En criaderos con más de 50 cerdas se justifica la construcción de manga, brete, cepo y bañadero para realizar operaciones necesarias como baños antiparasitarios, vacunas, curaciones, clasificación de animales, etc.

Instalaciones comunes

- Techo o cubierta

El objetivo principal es proteger a los animales de agentes externos (lluvia, sol, etc.) y regular la temperatura del establecimiento. El material a utilizar en su construcción puede ser muy variable y la altura depende fundamentalmente del clima predominante en la zona. Se suele dejar una abertura entre paredes y techos para provocar la circulación del aire. Además, es conveniente proteger a los animales de la entrada de agua de lluvia, para lo cual se construye un alero alrededor de las instalaciones.

- Pasillos de servicio

Debe facilitar movimientos fluidos del personal, equipo y animales dentro de las instalaciones. El acabado del piso no debe ser muy liso para evitar las caídas.

- Corrales

Las dimensiones del corral y altura de las paredes dependerán de las características de los animales a albergar. El objetivo de las paredes es evitar el traspaso de animales de un sector a otro en su diseño, las paredes deben permitir su fácil lavado y desinfección.

- Comederos

En criaderos intensivos entre el 70-80% de los costos totales de producción corresponden a la alimentación, mientras que los costos por amortización y mantenimiento de instalaciones y equipo alcanzan entre el 7-10%.

El objetivo de los comederos es facilitar el acceso de los animales al alimento, evitar desperdicios y garantizar su limpieza. Los comederos más comunes son los de canoa (cerdas gestantes y padrillos) y los automáticos (cerdos en crecimiento y terminación y cerdas lactantes). Los primeros permiten regular el consumo de alimento. Los segundos son muy utilizados en las zonas de pastoreo, aunque también se usan bajo confinamiento total. Tienen la ventaja que pueden almacenar alimento por varios días pudiendo el animal consumirlo cuando lo necesite, presentándose así un ahorro de mano de obra y mejores rendimientos.

- Bebederos

El tamaño del cerdo, su estado fisiológico, la temperatura ambiente y el tipo de alimento son los principales factores que determinan sus necesidades de agua. Los bebederos pueden ser fijos tipo pileta, pero en la actualidad los más comunes son los bebederos automáticos de chupete o pezón que evitan el desperdicio de agua.

- Captura de efluentes: Referir a la sección *[1.3.4.1 Recolección y manejo del sustrato]*

- Otros equipos

Es indispensable controlar el peso de los animales en las distintas etapas de la crianza. El peso en relación con la edad y la alimentación consumida son los índices más importantes para la evaluación individual del cerdo. Para obtener ambos índices se necesita una balanza. Se debe tener en el criadero, además, un carro para transporte de animales, implementos de limpieza, equipos de desinfección y otro instrumental para el manejo correcto de las distintas etapas de crianza (señalador, alicate, tijera, pinzas, engrapadoras, etc.)

2.3. Caracterización del productor primario argentino

El objetivo de esta sección es procesar las estadísticas sobre la producción porcina a fin de caracterizar al sector porcino primario argentino. De esta forma se puede conocer su escala y procesos, a fin de evaluar la factibilidad de aplicación de la tecnología[12].

2.3.1. Escala y Nivel de tecnología [13]

Los sectores de cría intensiva de ganado bovino, porcino y avícola en Argentina han experimentado una serie de cambios que en los últimos años que se han evidenciado en una mayor concentración de establecimientos y en el aumento de las capacidades de producción. Para hacer un diagnóstico de la producción, resulta indispensable conocer la distribución de las empresas por tamaño o escala. Esta información se sintetiza en la *Tabla 2.2.*

En base al conocimiento del sector y los antecedentes existentes se puede intentar una primera clasificación de los productores en tres categorías, basadas en la cantidad de madres del establecimiento:

Escala	*Tipo de producción*	*Características*
# Madres 20-50	*Tradicional a campo* Producción familiar de subsistencia o complementaria a otras producciones agrícolas y de granja.	• Comercialización en forma particular o por medio de intermediarios. • Infraestructura precaria, con instalaciones de manufactura casera

[12] Se puede encontrar adjunto como anexo un detalle de las existencias porcinas a marzo del 2009, agrupadas por provincia, tipo de ganado y escala del establecimiento. Ver *[ANEXO IX - Detalle de existencias porcinas (mar-09)]*

[13] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información del SENASA

	Los objetivos son el autoconsumo, la producción casera de chacinados o la venta a particulares y acopiadores. Si bien estos animales satisfacen una necesidad social, no pasan por frigorífico ni por inspección veterinaria e implican un peligro sanitario potencial.	(chapas de descarte, madera, mampostería). • Alimentación en base a maíz o algún otro producto/subproducto de bajo costo.
# Madres 50-100	*Tradicional mejorado* Producción a campo en todas las etapas, o con algún grado de confinamiento en alguna de ellas (maternidad y terminación). Asocia el pastoreo con granos o residuos de cosechas y emplea las razas más comunes o sus cruzas en el mejor de los casos. Se producen capones y lechones para venta directa a carnicerías. Durante las fiestas de fin de año se venden los lechones directamente a los consumidores y el resto del año los buscan los acopiadores para realizar el engorde.	• Mayor grado de organización. • Comercialización por medio de intermediarios o en forma directa a frigorífico. • Incorporación de tecnología en forma parcial (alimentación balanceada, genética, equipos modulares de parición y recría). • Suplemento alimenticio acorde a lo que se consigue a bajo precio • Gasto mínimo en sanidad
# Madres >100	*Empresarial* Empresas medianas y grandes con personal en relación de dependencia afectado en forma directa y permanente a la actividad, con producción planificada e integradas verticalmente en la cadena productiva. Están altamente tecnificadas y realizan su actividad en todo o en parte bajo galpón.	• Producen mayoritariamente en confinamiento y trabajan sobre superficies de tierra reducidas • Están tecnificadas, usan registros físicos y hacen control de gestión. • Emplean alimentos balanceados, comprados o de propia producción • Recurren al asesoramiento profesional con regularidad, cumpliendo planes sanitarios preestablecidos. • Utilizan genética mejorada (híbridos) y se extreman los cuidados sanitarios

	• Implican una alta inversión y rápida rotación del capital. Son las empresas actualmente en franca expansión. • La comercialización la realizan directamente a frigoríficos.

Tabla 2.2 – Clasificación de los productores

En Argentina el stock porcino actual es de aproximadamente 3 millones de cabezas. De este total un 21% se distribuye en establecimientos con entre 100-500 madres y un 19% en establecimientos con más de 500 madres. En estos últimos, el promedio de cabezas por unidad productiva es superior a 8.000. Respecto al primer grupo, la mayoría son unidades productivas confinadas pero habrá un porcentaje menor de sistemas de cría mixtos y a campo. En el caso de los segundos, prácticamente la totalidad serán unidades de cría intensiva confinada. Como conclusión, se puede estimar que cerca del 40% (19+21) de la producción argentina es llevada a cabo en sistemas de cría intensivos como los descriptos anteriormente (Ver *Tabla 2.3; Figura 2.7*)

Estrato	*# Cab.*	*Share*
# Cerdas < 10	573.683	19%
11< # Cerdas < 50	817.643	27%
51< # Cerdas < 100	438.847	14%
101< # Cerdas < 500	638.040	21%
501< # Cerdas	579.341	19%
Total	3.047.554	100%

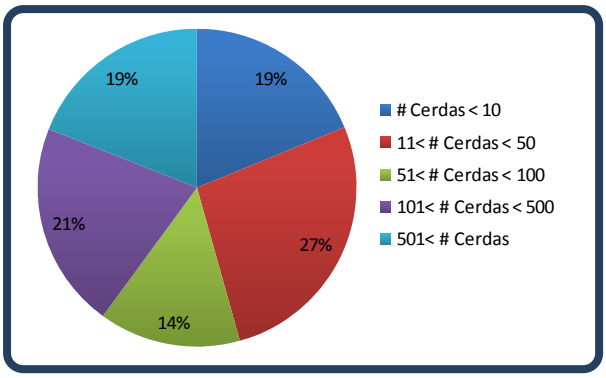


Tabla 2.3 ; Figura 2.7 - Caracterización de los productores I

Estrato	*# UP.*	*Share*
# Cerdas < 10	49.013	75%
11< # Cerdas < 50	12.548	19%
51< # Cerdas < 100	2.252	3%
101< # Cerdas < 500	1.419	2,17%
501< # Cerdas	70	0,11%
Total	65.302	100%

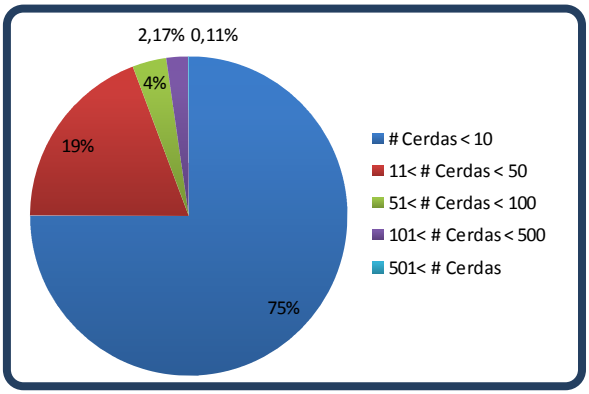


Tabla 2.4 ; Figura 2.8 - Caracterización de los productores II

Sin embargo, solo el 2,28% de las unidades productivas pueden considerarse intensivas (2,17% con entre 100-500 madres y 0,11% con más de 500 madres). Es este pequeño porcentaje de establecimientos el que produce una gran parte de la producción total del país (Ver *Tabla 2.4; Figura 2.8*). Por este motivo, y considerando el creciente movimiento a sistemas de cría confinados, hay un gran potencial de recuperación de biomasa.

Composición del ganado

La composición del ganado estará vinculada a los objetivos productivos del sector y a la productividad de los mismos. En Argentina, la población se compone según se muestra en la *Figura 2.9*.

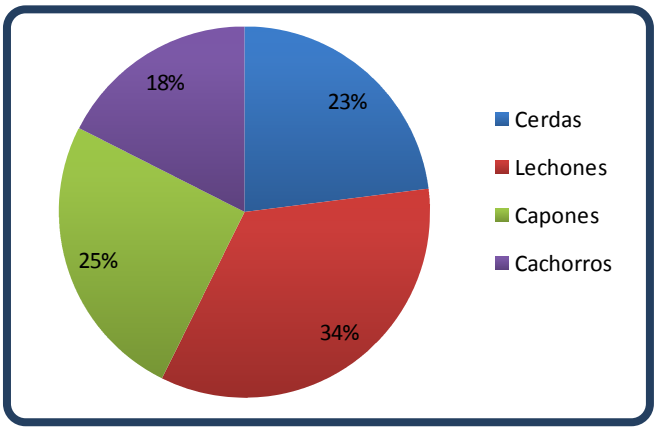


Figura 2.9 - Composición de la piara

Costos, rentabilidad y productividad

A partir de los costos de producción analizados por organismos oficiales (INTA, SAGPyA, Ministerios provinciales) para esquemas de producción promedio, se puede decir a muy grandes rasgos que el 65/70 % del costo se puede atribuir al rubro de alimentación, el 20/25% es compartido entre la sanidad y la amortización de las inversiones, y el resto corresponde al costo de la mano de obra.

Para la producción intensiva en confinamiento se están logrando indicadores de producción promedio a nivel nacional alentadores: 3,6 kg/kg de conversión, 18 capones terminados por madre/año, peso de faena 105 kg a los 180/190 días y un porcentaje de magro del 47%.

No se han detectado hasta la fecha inconvenientes en la disponibilidad de insumos, medicamentos, instalaciones, genética o alimentos. Es escaso el personal debidamente entrenado y el costo de capacitación es enfrentado en general por los empresarios.

El status sanitario de Argentina es bueno ya que califica como país libre de peste porcina clásica y de fiebre aftosa. Además, tiene baja prevalencia del mal de Aujeszky y se está luchando para combatir y anular esta enfermedad. Únicamente existen focos de triquinelosis aislados.

2.3.2. Localización

Dado que es más económico transportar el animal terminado que varias veces su peso en alimentos, en todo el mundo el cerdo se produce en las mismas zonas donde se obtiene su principal alimento.

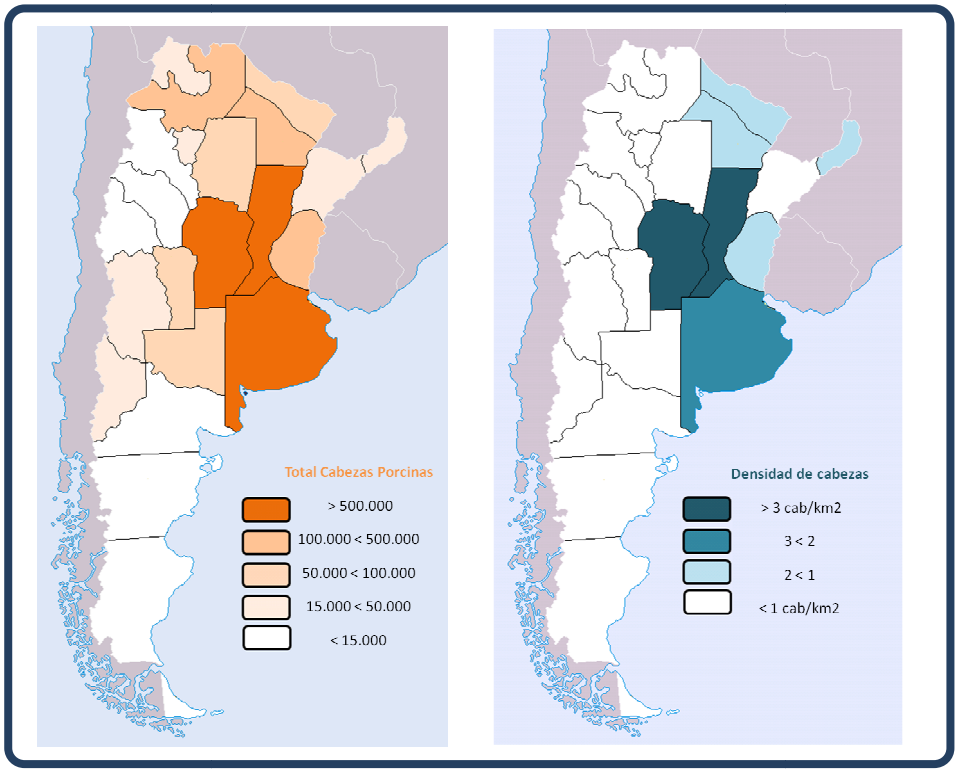


Figura 2.10 - Distribución y densidad del Ganado

Argentina no escapa de esta regla, por lo que la mayor parte de la producción de porcinos coincide con el área de cultivo de maíz, es decir, la zona núcleo pampeana. En esta zona también se aprovechan el sorgo granífero y la soja, granos básicos y de uso masivo para la preparación de alimentos. En este sentido, se puede observar que las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba concentran por encima del 70% de la producción primaria Argentina. El mapa de Argentina presentado más arriba en la *Figura 2.10* muestra en forma más clara la distribución y densidad del ganado porcino a lo largo del país. La *Tabla 2.5* y *Figura 2.11* presentan esta información en detalle.

Provincia	*# Cab.*	*Share*
Buenos Aires	843.538	28%
Córdoba	725.794	24%
Santa Fe	581.116	19%
Salta	143.586	5%
Entre Ríos	131.573	4%
Otras	621.947	20%
Total	3.047.554	100%

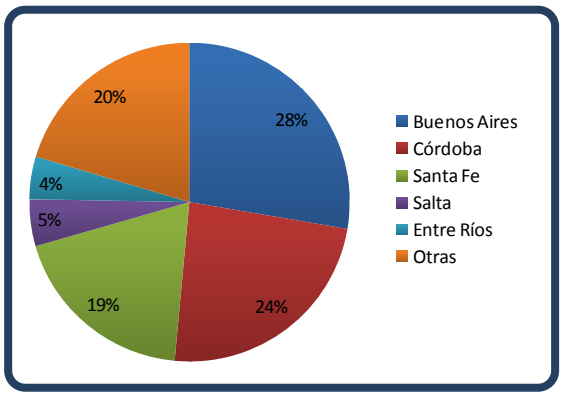


Tabla 2.5 ; Figura 2.11 - Distribución del ganado

En lo que refiere a criaderos intensivos de cerdos (con más de 100 madres), la distribución es similar aunque presenta pequeñas diferencias. Principalmente, se puede notar una mayor concentración de este tipo de establecimientos en las provincias anteriormente señaladas, especialmente en la provincia de Buenos Aires con un 34% de las cabezas en establecimientos intensivos (Ver *Tabla 2.6; Figura 2.12*).

Provincia	*# Cab.*	*Share*
Buenos Aires	417.656	34%
Córdoba	329.347	27%
Santa Fe	234.511	19%
Entre Ríos	58.183	5%
San Luis	38.675	3%
Otras	139.009	11%
Total	1.217.381	100%

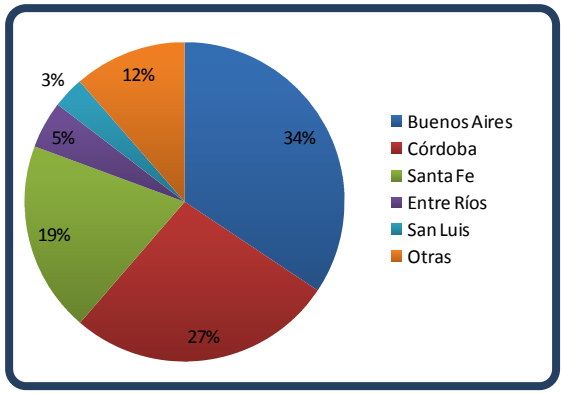


Tabla 2.6 ; Figura 2.12 - Distribución del ganado en granjas de cría intensiva

En cuanto a su micro-localización, los criaderos suelen ubicarse en zonas rurales pero a escasos kilómetros de los centros urbanos. El objetivo es aprovechar la mejor infraestructura de estas zonas, garantizar la provisión de servicios (red de gas, electricidad, agua, carreteras), facilitar las comunicaciones y asistencia técnica, y minimizar los traslados de insumos y animales.

Sin embargo, cada provincia y municipio establece las distancias mínimas de criaderos intensivos (ya sean bovinos, porcinos o avícolas) a los centros urbanos. Estas normativas responden a la organización del territorio y a evitar efectos ambientales negativos, como contaminación de napas y olores molestos. Las distancias varían en cada caso, pudiendo ir desde los 5 hasta los 20km de distancia mínima a los centros

urbanos. Los crecientes problemas ambientales, especialmente vinculados a la contaminación de napas de agua y olores, han llevado en los últimos años a un endurecimiento de las normas en este sentido.

Clima de la región [14]

La región en la que se concentran los establecimientos de cría de cerdos es conocida como la región pampeana. Es una zona de climas templados que abarca la provincia de Buenos Aires, gran parte de Entre Ríos, centro y Sur de Santa Fe, la franja oriental de Córdoba y un sector del noreste de La Pampa. La región es una planicie fértil que presenta unas pocas elevaciones.

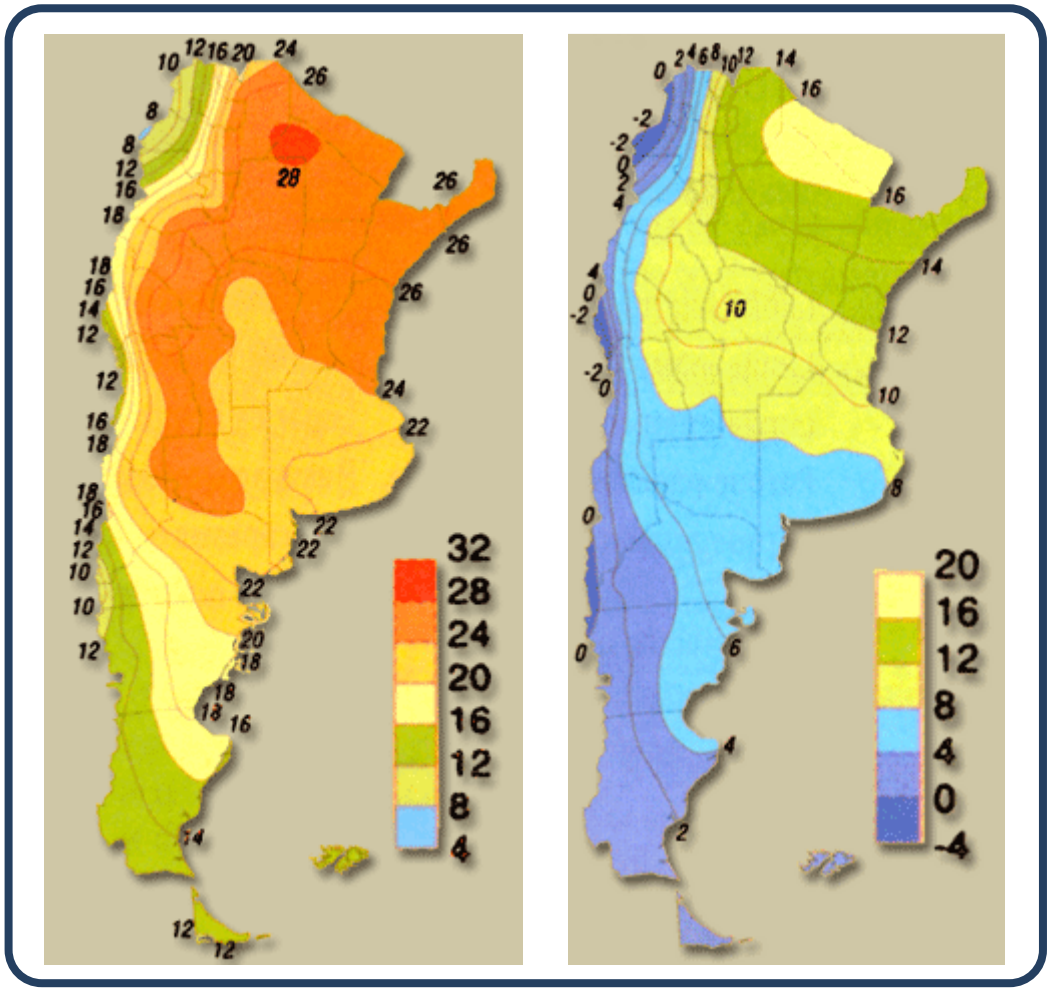


Figura 2.13 - Temperaturas medias en verano (izq.) e invierno (der.)

Fuente: Adaptación en base a datos Servicio Meteorológico Nacional (www.argentineadventure.com.ar)

[14] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información Servicio Meteorológico Nacional

La temperatura media anual para la región es de 17°C aprox. En invierno, la temperatura media oscila entre los 8-12°C, mientras que en verano el rango va de los 22-26°C. Las curvas de temperatura pueden observarse en la *Figura 2.13.*

En cuanto a las lluvias, la diferencia entre las medias anuales de precipitaciones forma una división entre pampa húmeda (recibe un promedio de 1.000mm) y pampa seca (400mm). Los vientos típicos de la llanura pampeana son el Pampero y la Sudestada.

2.3.3. Consumo de energía [15]

Situación energética

A nivel global el sector energético se enfrenta a dos grandes desafíos: 1) La escasez, con impactos negativos en el desarrollo de la industria, 2) La contaminación del medio ambiente asociada a los métodos de generación más divulgados, principalmente los combustibles fósiles. En la Argentina a estos dos problemas, se suma la no diversificación de la matriz energética que muestra una excesiva dependencia en el gas natural y el petróleo (que al día de hoy presentan reservas locales para unos pocos años más). Como muestra la *Figura 2.14,* el gas natural superó el 50% de la oferta de energía primaria consumida en el país en 2005.

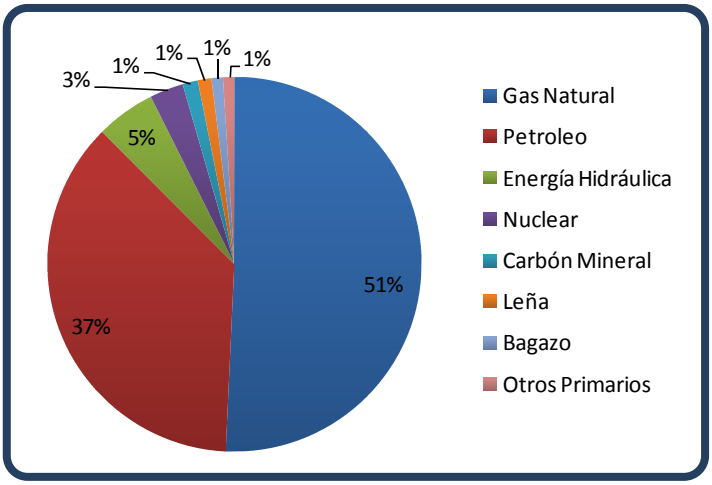


Figura 2.14 - Oferta Interna, Fuentes primarias de Energía (2005)

Consumo sector agropecuario

Puesto que a través de la tecnología propuesta se busca la recuperación de biogás, es importante entender cuál es el perfil de abastecimiento (la "matriz energética") de los establecimientos de cría confinada de cerdos, a fin de evaluar las posibilidades de

[15] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información de la Secretaría de Energía

sustitución mediante el combustible generado.

Lamentablemente las estadísticas de consumo de energía del sector ganadero, disponibles a través de los distintos organismos oficiales (INDEC, SAGyP, Secretaría de Energía), se encuentran mezcladas con las del sector agrícola, constituyendo el sector agropecuario. Por este motivo, no es posible obtener conclusiones demasiado certeras respecto al perfil de consumo. Adicionalmente, dentro del sector ganadero, los consumos de los distintos criaderos (bovinos, porcinos, avícolas) son muy diferentes, no sólo en sus usos sino también en sus fuentes. Por último, en el caso específico de los criaderos de cerdos, las características del consumo dependerán de la escala, localización, procesos aplicados, precios locales, etc.

La ausencia de estadísticas específicamente vinculadas al tema y la diversidad de situaciones hace imposible la caracterización cuantitativa de los consumos del sector porcino en particular. Se utilizarán como referencia, por lo tanto, las características del sector agropecuario representadas en la *Figura 2.15*.

Del consumo de energía del sector agropecuario, podría decirse que la mayor proporción del mismo está asociada a procesos agrícolas donde se requieren equipos de altas intensidades energéticas (tractores, sembradoras, equipos de riego y otras maquinarias). Por el lado del sector ganadero los mayores consumos se deben a modelos intensivos de cría, donde se requieren sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación.

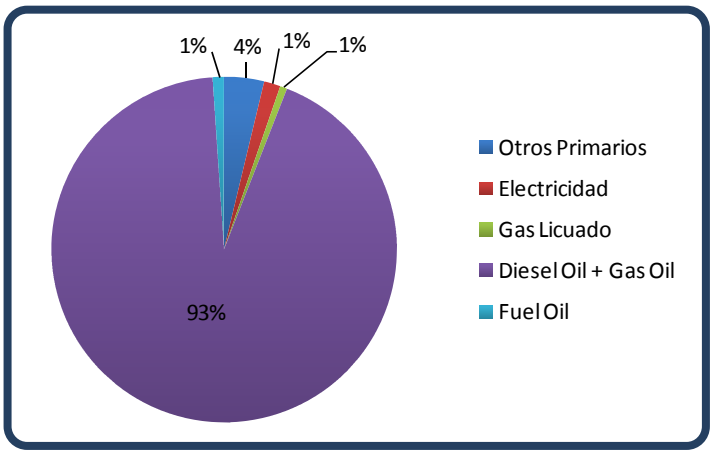


Figura 2.15 - Matriz energética para el sector Agropecuario (2005)

Los últimos datos relevados muestran la preponderancia del gasoil como fuente de abastecimiento. Esto se debe a la flexibilidad (posibilidad de utilizarlo para diferentes aplicaciones), disponibilidad y economía de este tipo de combustible frente a otras opciones. Además, se debe recordar que la mayoría de las maquinarias agropecuarias utilizan ciclo diesel y requieren de este combustible. Sin embargo, es de esperar que su

preponderancia sea mucho menor dentro del sector ganadero.

En cuanto a las otras formas de energía, se destacan la energía eléctrica (utilizada principalmente en sistemas de riego, bombeo y consumo doméstico) y otros combustibles fósiles menos consumidos, como el fuel-oil, GLP y la nafta (estos más asociados al accionamiento de autos, sistemas de calefacción, secado de granos y también consumo doméstico)

Históricamente, el consumo del sector agropecuario representa cerca del 7% del consumo energético nacional (10% en el 2005, *Figura 2.16*). En lo que refiere a las tendencias del consumo, podemos observar en la *Figura 2.17* un importante crecimiento en los últimos años, tendencia que se estima se mantendrá en los próximos años.

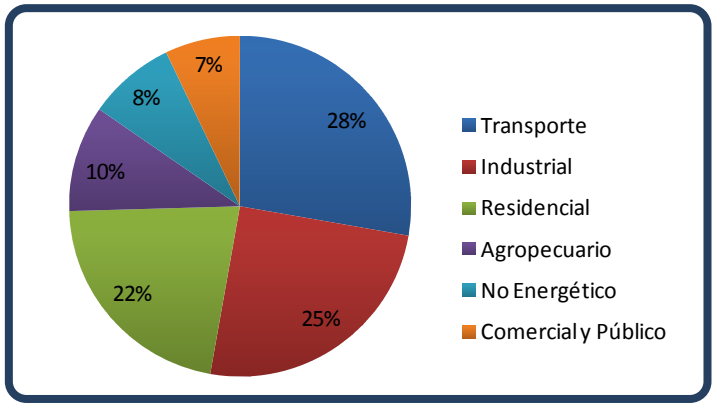


Figura 2.16 - Consumo de Energía por sectores (2005)

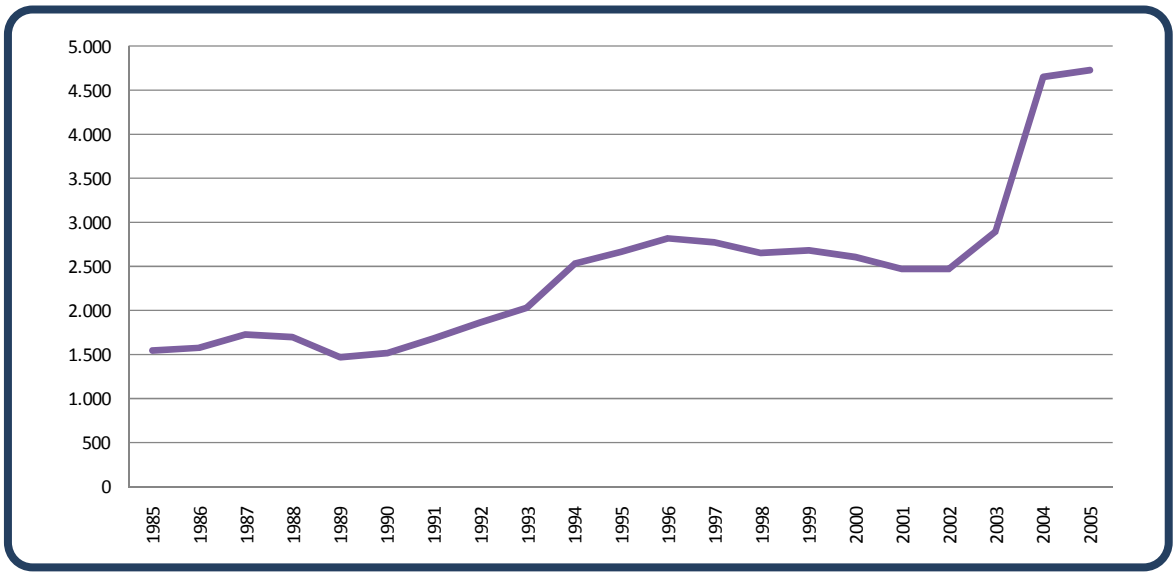


Figura 2.17 - Evolución del consumo energético para el sector Agropecuario (fuentes 1rias y 2rias)

El sector de la ganadería intensiva (especialmente el porcino y avícola) se encuentra en un proceso de evolución constante debido a la aplicación de nuevas normativas

sanitarias y de protección del medio ambiente, y a la necesidad de reestructuración del mismo para adaptarse a niveles de competencia que les permitan participar en el mercado actual. Adicionalmente, en los últimos años se ha sumado el problema de la falta de mano de obra capacitada.

Para hacer más competitivas las explotaciones, ofrecer a la sociedad un trabajo en mejores condiciones laborales y suplir la carencia de mano de obra disponible, este sector ha ido incorporando mayores niveles de mecanización y automatización. En este contexto, si consideramos la reconversión y la creciente tendencia a concentrar la producción en explotaciones de mayor dimensión, se puede esperar que durante los próximos años se produzca un aumento del consumo energético de la producción ganadera.

En esta línea, es cada vez más relevante diseñar y aplicar medidas técnicas que fomenten la utilización racional de la energía, el ahorro y la mejora de la eficiencia energética.

Usos y Fuentes

La *Tabla 2.7* describe el posible consumo de energía en una granja intensiva de cría de cerdos:

Uso	*Función*	*Alternativas*	*Fuente*	*Estacionalidad*
Calefacción	Regular temperatura de los ambientes para garantizar el bienestar animal.	Mantillas eléctricas	E	Alta (Invierno y bajas temperaturas)
		Calentadores infrarrojos	E	
		Lámpara de matilla	CF	
		Piso radiante	CF	
Refrigeración	Regular temperatura de los ambientes para garantizar el bienestar animal.	Ventiladores	E	Alta (Verano y altas temperaturas)
		Goteo o Aspersión (bombeo)	E / CF	
Iluminación	Regular los períodos de luz a los que están expuestos los animales. Iluminar las instalaciones.*	Lámpara de matilla	CF	Alta (Invierno y bajas temperaturas)
		Luces eléctricas de diferente tipo	E	
Ventilación	Regular temperatura y remover olores y gases para bienestar animal.	Ventiladores	E	Media

Bombeo	Transporte de efluentes, agua, alimento. En verano el consumo de agua es mayor.	Bomba o motor	E / CF	Media
Transporte	Traslado de animales, personal, insumos o equipo.	Motor de combustión interna	CF	Baja
Preparación de Alimentos	Desactivar y secar granos. Triturar granos. Preparar mezclas de alimentos.	Mezcladora y Trituradora	E	Baja
		Horno de secado y desactivación	CF	
Generación de electricidad	Generar electricidad para utilizar en los distintos procesos.	Ver aparte equipos generadores	CF	Media
Consumo doméstico	Iluminación, calefacción, refrigeración, funcionamiento de electrodomésticos.	Equipos diversos	E / CF	Baja

E = Electricidad ; CF = Gas/GLP/Gasoil/Fuel-oil/Nafta u otros derivados menos comunes

* Los cerdos no necesitan que se les simule la luz día para que coman pero se necesita luz en los galpones para que sean recorridos por el personal y para que los animales vean donde están los bebederos y los comederos

Tabla 2.7 - Usos y fuentes de la energía en un criadero de cerdos

Como se señaló anteriormente, la mayoría de los establecimientos de cría intensiva, cualquiera sea su índole, se ubica en las proximidades de las zonas urbanas respetando las distancias mínimas a las mismas definidas en las normas de cada provincia y municipio (5-20km, dependiendo del caso). Por ello, el abastecimiento de energía en las zonas de producción agropecuaria intensiva es comúnmente atendido por distribuidores locales.

Si se observa la distribución de energía eléctrica en establecimientos agropecuarios en el 2002, cerca de la mitad de los mismos tenían acceso a la red de distribución rural. Sin embargo, más del 25% de los productores no utilizaba energía eléctrica (ni provista por la red, ni autogenerada) (Ver *Tabla 2.8).* Si consideramos la ubicación y necesidades de los criaderos intensivos, podemos sin dudas afirmar que el porcentaje de conexión será

mucho mayor en estos casos. A esto debemos sumar la expansión de redes eléctricas en los últimos años. Resulta imposible estimar el porcentaje actual de cobertura de la red (menos aún para los criaderos de cerdos puntualmente) pero parece lógico suponer que la tasa de conexión es muy superior al 50%. Sin embargo, se debe señalar que las perspectivas de expansión de las redes eléctricas en el futuro cercano son escasas debido a la falta de incentivos y la creciente migración hacia sectores urbanos.

Resulta importante también resaltar que en el 2002 un 11% de los establecimientos agropecuarios contaba con grupos electrógenos para la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles. Este uso representa una aplicación que fácilmente puede sustituir el biogás[16].

Forma de abastecimiento	*Share*
Red eléctrica rural	49,3%
Grupo electrógeno	11,3%
Hídrica	0,0%
Eólica	0,6%
Solar	10,1%
Otras	3,4%
Sin Electricidad	> 25,2%

Tabla 2.8 - Fuentes de energía eléctrica (2002)

Fuente: Adaptación de datos basados en información del INDEC (ENA 2002)

Con respeto al gas natural, existen numerosas zonas rurales donde el uso de gas natural es prácticamente nulo por la ausencia de redes de distribución. Un sustituto habitual es el gas de garrafa/envasado o la distribución de GLP, a un costo mucho mayor y en algunos casos con dificultades de provisión. Por otro lado, el suministro de gas en los últimos años ha presentado racionamientos, los cuales en su mayoría no afectaron en forma directa al sector agropecuario. Por estos motivos, en algunas de estas zonas se utiliza la leña u otros desechos agrícolas en su reemplazo.

El gasoil no presenta problemas en cuanto a su disponibilidad, aunque en los últimos años debido a la creciente demanda se han presentado casos de desabastecimiento y suministro reducido. Entre sus ventajas se debe señalar su flexibilidad de uso y su facilidad para ser almacenado y transportado frente a otras alternativas energéticas.

En principio, si fuesen significativos, sería posible vender excedentes de energía a la red o a usuarios particulares. A su vez podría venderse energía en forma de gas o de

[16] Los datos fueron obtenidos a través de información del INDEC, a partir de la Encuesta Nacional agropecuaria 2002 (ENA 2002)

electricidad. Teóricamente todas las combinaciones serían posibles. En la práctica una serie de complicaciones prácticas vinculadas a las normativas, volúmenes e inversiones requeridas dificultan su implementación. Referir a la sección *[3.6 Normativa e Instituciones]*.

2.3.4. Manejo de efluentes

No existen estadísticas respecto al manejo de efluentes en los criaderos intensivos, y se trata en la mayoría de los casos de un tema tabú. Sin embargo, a través de encuestas efectuadas por diferentes estudios es posible conocer el perfil de los productores respecto a esta cuestión. En general se utilizan diferentes sistemas de lagunas aeróbicas, anaeróbicas y facultativas.

El manejo de efluentes observado como práctica común es la descarga de los purines a fosas, a través del lavado de pisos y pisos enrejados. Desde estas fosas, los efluentes son descargados por bombeo o gravedad hacia excavaciones precarias (lagunas abiertas), sin aislación con el suelo (no impermeabilizadas). Estas lagunas incluyen aireadas, aeróbicas, anaeróbicas y facultativas. Las ventajas que ofrecen este tipo de sistemas son la alta remoción de DBO (un 80%), una baja inversión y escaso mantenimiento. Sin embargo, requieren una gran superficie, generan gases contaminantes que además provocan mal olor, y cuando el diseño es deficiente se produce la contaminación de napas.

Cuando se completa la capacidad de los receptores, los efluentes se vierten al exterior de diferentes formas. En la mayoría de los casos no existe un control de la calidad del efluente vertido ni de los tiempos de permanencia en las lagunas. La descarga comúnmente utilizada es el vertido en el mismo predio del establecimiento con fines de riego o fertilización, pero sin analizar los requerimientos del suelo ni la capacidad de amortiguación del ecosistema.

Si bien la peligrosidad de los residuos pecuarios es menor a la de otros residuos industriales y especiales, la práctica común de vertido sin control aplicada durante períodos de tiempo prolongados genera impactos negativos en el medioambiente. La eutrofización y la excesiva nitrificación de suelos es el resultado más directo.

Hasta el momento el sector ha manifestado pocas iniciativas orientadas a la implementación de nuevas tecnologías para tratamiento de efluentes. Los productores justifican la ausencia de mejores prácticas por la falta de acceso a créditos blandos o subsidios. Por otro lado, la ausencia de controles del cumplimiento de las normativas vigentes (vinculadas a los límites permitidos de descarga de efluentes al medio físico) hace que esta situación persista a lo largo del tiempo.

En definitiva, en nuestro país, en los procesos productivos de cría intensiva de animales no existe una filosofía de producción “de principio a fin” o de “ciclo cerrado”.

2.4. Recuperación del biogás y medio ambiente

2.4.1. Recuperación potencial de biogás y reducción de emisiones [17]

Importancia del sector

Diferentes estudios han sido realizados para estimar la magnitud de las emisiones generadas por los distintos sectores de la economía y, puntualmente, el sector ganadero. Los mismos combinan información recolectada por el SENASA, las Encuestas Nacionales Agropecuarias (1988 y 2002, pues no están disponibles aún los datos de la encuesta efectuada en el 2008) y cálculos estimativos que aplican los métodos sugeridos por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Lamentablemente estos datos se encuentran un tanto desactualizados y las estadísticas disponibles no permiten renovarlos.

Se utilizarán estos datos a modo de referencia, efectuando las actualizaciones pertinentes cuando fuera posible. Pero es importante señalar que los mismos solo deben ser tomados como referencia ya que han habido grandes cambios desde que fueron efectuados los estudios.

En el año 2000, las emisiones del sector ganadero representaban cerca del 30% del total de GEIs emitidos en la Argentina. Las principales emisiones del sector se encontraban asociadas al metano liberado por la fermentación entérica (interna, en el sistema digestivo de los animales) y los sistemas de manejo de estiércol, y a óxidos de nitrógeno generados en forma directa e indirecta por el estiércol. De todos estos gases, el metano generado por el sistema de manejo de residuos pecuarios solo representaba el 1,4% del total en Tn equivalentes de CO_2 (Ver *Figuras 2.18 y 2.19)*

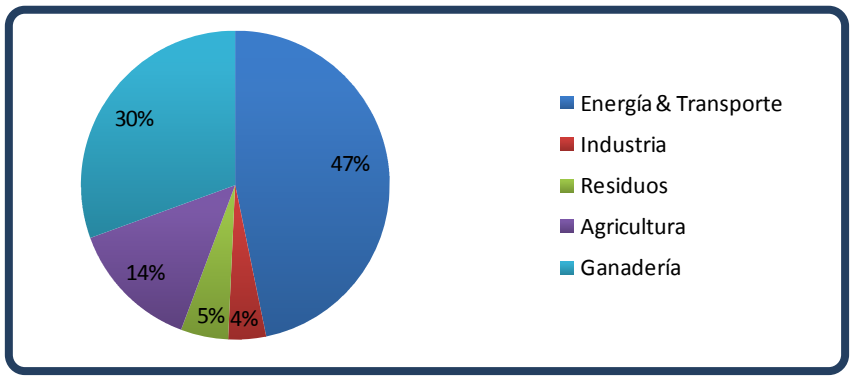


Figura 2.18 - Emisiones de GEIs por sector (2002)

[17] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información de Methane to Markets

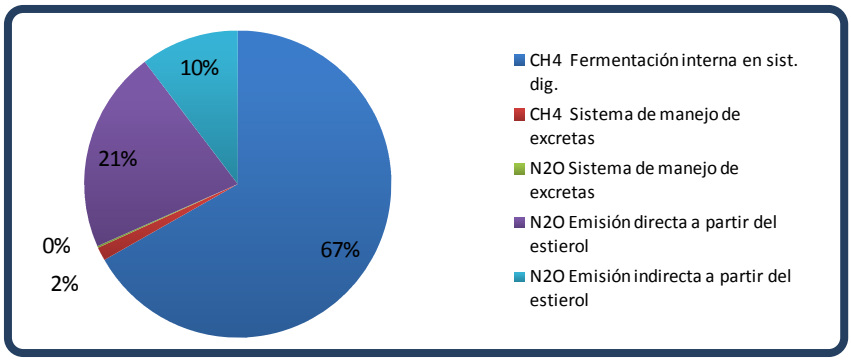


Figura 2.19 - Emisiones de GEIs para el sector agropecuario por origen (2002)

Este valor es pequeño pero no debe despreciarse. Respecto a la primera de las causas, la más significativa (66,8% de las emisiones), existen pocas posibilidades de recuperación. Sin embargo, investigadores del INTA se encuentran analizando el impacto de diferentes dietas en la generación de gas con el objetivo de reducir las emisiones.

Del total de emisiones de CH_4 asociadas al manejo de efluentes, la contribución asociada al ganado porcino es del 4,1% contra un 82% del ganado bovino (no orientado a la lechería) (Ver *Figura 2.20)*. En principio, se podría suponer erróneamente que existe un mayor potencial de recuperación de biogás en las excretas vacunas, pero esto no es así.

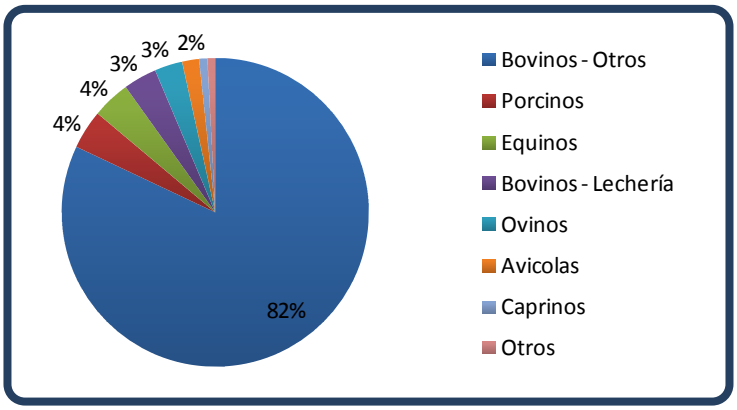


Figura 2.20 - Emisiones de GEIs por manejo de excretas por tipo de ganado (2002)

Las instalaciones más aptas para la implementación de la tecnología son los criaderos de cerdos, criaderos de aves y tambos. El criterio se basa en el carácter intensivo de estas actividades (concentración de animales en un espacio reducido) y las posibilidades concretas de recuperar los residuos en forma simple y económica. Los feedlots, que conceptualmente presentarían un alto potencial, plantean numerosas dificultades. Entre ellas debemos mencionar las dificultades para la recolección de las excretas, la "contaminación" de las mismas con agentes externos, los efectos negativos para el suelo por su remoción en varios casos y el "lavado" de las mismas por lluvias.

Para concluir, se debe señalar que si bien la posibilidad de capturar emisiones es poco significativa a nivel nacional, no debe ser despreciada por su utilidad como combustible y por las posibilidades concretas de recuperación. Se debe también tener en cuenta que se está considerando un sector muy específico (Emisiones totales > Emisiones Ganadería > Sector Porcino > Granjas intensivas > Manejo de efluentes). Por último, existe a su vez una reducción indirecta de emisiones asociada al reemplazo de combustibles fósiles en la generación de energía y de fertilizantes.

Estimación actualizada de las emisiones de metano a capturar

Para calcular las emisiones asociadas al manejo de efluentes en el sector porcino se utilizaron los datos actualizados del sector porcino (que fueron señalados en la sección *[2.3 Caracterización del productor primario argentino]*) y el método TIER 2 del IPCC 2006. Este método calcula cantidad de metano generado por cada especie de animal (M), según el manejo de efluentes aplicado (S) y las condiciones climáticas del caso (c) a través de la siguiente ecuación:

$$CH_4\,(M) = SV\,(M) * N * BMax * \delta CH_4 * FCM\,(c,S) * 365\ days/yr$$

Fórmula 2.1

Donde,

- CH_4 (M) = kg de metano emitidos por la especie M por año.
- SV (M) = kg de sólidos volátiles excretados en promedio por un animal de la especie M en forma diaria.

  ➔ Valor IPCC = América Latina, cerdo para faena: 0,3 kg SV/día.animal
- N = número promedio de animales de la especie M a lo largo del año.

  ➔ Valor SENASA = Registro a marzo 2009: 1.217.318 (int.) ; 1.830.173 (ext.)
- BMax = producción máxima de CH_4 en m^3 por kg de sólidos volátiles excretados.

  ➔ Valor IPCC = América Latina, cerdo para faena: 0,29 m^3 CH_4/kg SV
- δCH_4 = densidad del metano bajo las condiciones normalizadas de producción anteriormente señaladas

  ➔ Valor IPCC = 0,67 kg /m^3

- FCM (c,S) = Factor de conversion de mentano a partir del estiércol aplicando el sistema de manejo S y con el clima c.

  ➔ Valor IPCC = Clima templado: lagunas 75% (int.) ; pastura (extensivo) 1,5%

Puesto que las posibilidades concretas de recuperación se concentran en los modelos intensivos, solo consideraremos estas emisiones. Los cálculos se detallan en la *Tabla de cálculos 2.1:*

Parámetro	*Unidades*	*Valor*
SV (M)	kg SV/día.animal	0,3
N (establecimientos >100 cab.)	Animal	1.217.381
BMax	m^3 CH_4/kg SV	0,29
δ CH_4	kg CH_4/m^3 CH_4	0,67
FCM (en lagunas)	%	75%
Conversión	día/año	365
	kg/Tn	1000
	TEP/KTEP	1000
	kg CH_4/kg CO2	21
	m^3 CH_4/TEP	1162
CH4 pot. a recuperar	m^3/año	28.993.450
	kg/año	19.425.612
CO2 equivalente	Tn/año	407.938
Petróleo equivalente	KTEP/año	24,95

Tabla de cálculos 2.1 – Estimación de la reducción potencial de emisiones y su valor energético

Nuevamente, la energía generada no resulta significativa si consideramos el consumo a nivel nacional pero de todas formas representa una forma de energía capaz de autoabastecer a muchos ganaderos.

2.4.2. Proyectos en desarrollo

Si bien la tecnología tiene amplia difusión en otros países y aunque existen numerosos proyectos de aplicación, en Argentina actualmente un único productor porcino ha instalado biodigestores para la recuperación de biogás y su operación es un éxito. Los buenos resultados obtenidos por el productor, la difusión de los mismos, y su apertura a

compartir información y brindar asesoramiento han contribuido a que hoy muchos otros productores encararan la posibilidad de recuperar biogás con nuevo ímpetu.

El productor, Cabañas Argentinas del Sol, se encuentra a apenas 50 kilómetros de Buenos Aires, en Marcos Paz. Hugo García es el responsable. Cuenta con 1.200 madres y una población permanente de unas 10.000 cabezas. Es un planteo de ciclo completo, sacando capones de 100 kilos.

El sistema de recuperación que utiliza es el de lagunas cubiertas, con tres grandes coberturas de polivinilo importadas de un fabricante brasilero. El fabricante es Sansuy, una textil instalada en el centro del estado de San Pablo, que se especializa en telas de polivinilo. Sansuy desarrolló un material adaptado a líquidos y gases orgánicos que es el que se utiliza para las coberturas. Hoy Cabañas Argentinas del Sol es el importador oficial de los productos de la empresa brasilera.

El sistema de recolección permite recoger el estiércol sin complicaciones. Mediante un sistema de pisos ranurados el estiércol y la orina se cuelan a una fosa. Por pendiente, esta fosa drena a un canal colector (una zanja revestida del mismo material del biodigestor). Esas zanjas llevan las excretas hasta el biodigestor que se alimenta diariamente. El digestor cuenta con un sistema de agitación hidráulico que remueve los sedimentos para incrementar la eficiencia de la producción de biogás. El líquido remanente drena sin olores hacia una pileta abierta, una fosa también recubierta.

Inicialmente instaló dos primeros digestores, de 250 m^3. Durante los siguientes años se dedicó a aprender el manejo del sistema. Tras comprobar el buen funcionamiento, decidió ampliar la capacidad y encontrar un uso para la energía generada. Adquirió entonces un biodigestor de 1.750 m^3 y armó una red de gas que ahora le permite abastecer una planta de desactivación de soja, calefaccionar los galpones y generar electricidad a través de un motor F100 convertido a gas.

El biogás reemplazó el gas de tubo (GLP) que anteriormente se utilizaba para la desactivación de soja, lo que permitió a la granja ahorrar unos 10.000 pesos por mes. En la planta se desactivan 20.000 kilos por día.

El segundo gran uso del biogás es el sistema de calefacción. El sistema, diseñado por los mismos productores, cuenta con un par de calefones en serie donde calienta el agua que luego circula por los galpones por un sistema de losa radiante.

El tercer destino del biogás es la generación de electricidad a partir de un motor V8 de una Ford F100 convertido a gas que acciona un generador de 50 KVA. El objetivo es utilizarlo especialmente de noche, cuando el precio de la electricidad es mayor.

La instalación permitió a la granja eliminar olores, mejorar las condiciones de trabajo, mejorar el recupero de nutrientes en el estiércol y autoabastecerse de energía.

A través de una visita al predio fue posible conocer a los responsables y desarrolladores del proyecto, entender el funcionamiento del sistema, comprender los principales desafíos y problemáticas, y entender sus limitaciones.

De la entrevista con los propietarios se destacan los siguientes puntos vinculados a aplicación concreta de un proyecto de esta índole:

- Rápido repago (menos de 2 años), incluso considerando como única fuente de ingreso el ahorro por autoconsumo de energía.

- El éxito de la implementación está asociado al control y estandarización de los sistemas de producción. Estos sistemas constituyen parte de la "cultura" del productor y varían de uno a otro. Esto los hace difíciles de modificar. El mayor reto para la difusión de la tecnología está asociada a la variabilidad en los métodos utilizados por los diferentes productores.

- La tecnología instalada es sencilla, sin inversiones innecesarias y con elementos de amplia disponibilidad. El sistema es robusto y ha funcionado incluso durante las heladas que se produjeron en el año sin mayores complicaciones.

- La concentración de metano en el biogás generado es superior al 75%. Este valor tan elevado, según especialistas del INTA, se encontraría asociado a los elevados tiempos de retención (>30 días) y a las buenas temperaturas al momento de la medición.

- El requerimiento de mano de obra calificada para la operación es bajo, factor clave debido a la escasez en la zona.

- La tecnología ofrece gran cantidad de mejoras menores no cuantificables (Ej.: menor corrosión en los corrales debido a la rápida remoción del estiércol, eliminación de olores y plagas, mejores rendimientos de cría, etc.)

- Complicaciones y costos significativos para la tramitación y obtención de bonos de carbono desalentaron su comercialización por el momento. Sin embargo, los productores tienen muy buenas expectativas por lo que pudiera pasar hacia el 2012, con la actualización del protocolo de Kyoto.

- Complicaciones vinculadas a la venta de energía impiden que se vendan excedentes, por lo que el sobrante de biogás se quema con el único fin de reducir emisiones de GEIs.

- El elevado volumen del efluente obtenido dificulta su venta por los elevados costos asociados a su transporte. Los productores evaluaban al momento de la visita la posibilidad de instalar equipos de tratamiento para reducir el volumen (equipos de

centrifugado y ósmosis inversa).

Adicionalmente y desde hace más de 20 años, el INTA, desde su Departamento de Ingeniería Rural, ha efectuado diferentes investigaciones pero las aplicaciones se limitan a pruebas piloto y análisis experimentales. En otros ámbitos, como por ejemplo en la industria agro-alimenticia o en los rellenos sanitarios, existe una mayor cantidad de proyectos que funcionan exitosamente.

2.4.3. Bonos de Carbono

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. Es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEIs o gases de efecto invernadero).

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir GEIs como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. La transacción de los bonos de carbono permite mitigar la generación de GEIs, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido.

Para cumplir con las metas establecidas, los países industrializados están financiando proyectos de captura o reducción de estos gases en países en vías de desarrollo, acreditando tales disminuciones como si hubiesen sido hechas en su territorio mediante la compra de bonos de carbono.

Las reducciones de emisiones de GEIs se miden en toneladas de CO_2 equivalente, y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de CO_2 que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado de carbono a países Anexo I (industrializados, de acuerdo a la nomenclatura del protocolo de Kyoto).

Los tipos de proyecto que pueden aplicar a una certificación son, por ejemplo, la generación de energía renovable, el mejoramiento de la eficiencia energética de procesos, la captura de gases, la forestación, la limpieza de lagos y ríos, etc.

Los criterios mínimos de aceptación de estos proyectos son:

- Deben reducir emisiones de GEIs (escala internacional) y contribuir al Desarrollo Sustentable (escala nacional)
- Línea de base confiable (aprobada por la Junta Ejecutiva de MDL)
- Adicionalidad (deben involucrar nuevas inversiones y desarrollos)

- Monitoreo confiable y verificable (aprobada por la Junta Ejecutiva de MDL)

Para que un proyecto sea aprobado debe pasar por múltiples etapas. Debe tener un proceso claro y efectivo, con tiempos bien identificados y ser publicado. No es un proceso sencillo, se requieren de herramientas para poder presentarlos y que sean admitidas a través de una carta de aprobación dictada por el organismo de operación que, en Argentina, es el Fondo Argentino de Carbono (FAC) de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El FAC es una iniciativa del gobierno nacional tendiente a facilitar el desarrollo de nuevos proyectos de inversión. Mediante su implementación se potencia la utilización del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) establecido por el Protocolo de Kyoto. Su función principal es contribuir a financiar proyectos destinados a la expansión de la capacidad productiva industrial, a incrementar la eficiencia energética, a sustituir energías convencionales por aquellas de fuentes renovables y a ampliar la oferta energética, en el marco de la producción sostenible.

2.5. Mercado de los Fertilizantes

2.5.1. Alternativas como fertilizantes

Un fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos, pues sintetizan todos los que precisan. En cambio, requieren de una docena de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo, puede administrarse en forma de urea, nitratos, compuestos de amonio o amoníaco puro.

Estos elementos químicos o nutrientes pueden clasificarse en:

- Macro-elementos (se expresan como g/100g): N – P – K – Ca – Mg - S
- Micro-elementos (se expresan como ppm = mg/1.000g): Fe – Zn – Cu – Mn – Mo-B – Cl

Fertilizantes Orgánicos

A fin de disminuir la dependencia de fertilizantes químicos, algunos productores agrícolas se han visto obligados a la buscar otras alternativas fiables y sostenibles como la de los fertilizantes orgánicos. En la agricultura ecológica se le da gran importancia a este tipo de abonos pero su uso está cada vez más difundido en cultivos intensivos.

Básicamente, los fertilizantes orgánicos actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

- Propiedades físicas.
  - Por su color generalmente oscuro, absorben más las radiaciones solares aumentando la temperatura del suelo, lo que favorece la absorción de nutrientes.
  - Mejoran la estructura y textura del suelo. Mejoran la permeabilidad del suelo, incrementando el drenaje y aireación de este. Aumentan la retención de agua, facilitando la absorción de la misma.
  - Disminuyen la erosión del suelo.
- Propiedades químicas.
  - Aportan diferentes nutrientes (Ver a continuación)
  - Aumentan el poder regulador del suelo, reduciendo las oscilaciones de pH del mismo.
  - Aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, mejorando la fertilidad.
- Propiedades biológicas.
  - Al favorecer la aireación y oxigenación del suelo, estimulan una mayor actividad radicular y de los microorganismos aeróbicos.
  - Constituyen una fuente de energía que favorece el desarrollo de los microorganismos.

Los principales abonos orgánicos utilizados en la industria agrícola son:

- El estiércol y sus derivados.
- La materia orgánica vegetal.
- Mezclas de ambos para conformar compost.
- Otros abonos orgánicos, como la harina de sangre y la harina de algodón (su uso es limitado porque son valiosos como alimentos para los animales y suelen ser muy costosos).

El estiércol, por su parte, constituye una excelente fuente de materia orgánica pero su concentración de nutrientes es relativamente baja.

Su constitución es muy variable, por lo que el valor del abono depende del tipo de animal y la calidad de la dieta. Además influyen significativamente la clase y la cantidad de cobertura usada, y la manera en que el abono es procesado, almacenado y aplicado.

El contenido promedio de este tipo de abono es 5,0 kg N, 2,5 kg P2O5, y 5,0 kg K2O por tonelada y cantidades variadas de los otros nutrientes. Esto resulta en una fórmula de fertilizantes 0,5-0,25-0,5. Sin embargo, sólo el 50% del N, el 20% del P y el 50% del K se encuentran directamente disponibles para las plantas durante los primeros meses. La mayoría de los nutrientes se encuentran en formas orgánicas que para poder ser asimiladas por las plantas deben ser convertidas a formas inorgánicas por los microbios del suelo. La ventaja de esto es el poder residual de este tipo de abono[18].

Fertilizantes Químicos

Los fertilizantes químicos (también llamados comerciales o inorgánicos) contienen una concentración mucho más alta de nutrientes. Por lo general, contienen uno o más de los tres nutrientes principales (N, P, K), cantidades variables del azufre y del calcio (como portadores) y muy pequeñas cantidades de micro-nutrimentos.

Los fertilizantes orgánicos son abonos de fuerzas bajas. En este sentido, 100 kg del abono químico 10-5-10 contiene la misma cantidad de N-P-K que 2000 kg del estiércol corriente. Por ello, los abonos orgánicos tienen que ser aplicados a tasas muy altas para compensar el contenido bajo de nutrientes.

Pocos agricultores tienen suficiente acceso a abono orgánico para cubrir adecuadamente la totalidad de de sus terrenos. Por eso, los abonos químicos son frecuentemente un ingrediente clave para mejorar en forma rápida los rendimientos del cultivo. A pesar de su costo, en constantemente aumento, todavía producen ganancias si se usan correctamente.

La producción de fertilizantes químicos requiere la fabricación de compuestos que proporcionen los nutrientes ya sea individualmente (fertilizantes simples) o en combinación (mixtos). Para los abonos químicos comerciales suele utilizarse el sistema de nomenclatura de tres números que indican el contenido (% o g/100g) de N-P-K, normalmente en las formas de N, P2O5 y K2O, en ese orden.

- Nitrógeno

El componente principal para la producción de los fertilizantes nitrogenados es el amoniaco, siendo la materia prima más utilizada para su obtención el petróleo y el gas natural (también se utilizan carbón, nafta y aceite combustible).

[18] Datos basados en información extraída de Cultivos tradicionales - DAVID LEONARD (1981)

Los fertilizantes nitrogenados más comunes son: amoníaco anhidro, urea (amoníaco + dióxido de carbono), nitrato de amonio (amoniaco + ácido nítrico), sulfato de amonio (amoníaco + ácido sulfúrico), y nitrato de calcio y amonio.

- Fósforo

Las materias primas básicas para su producción son la piedra de fosfato, ácido sulfúrico (se produce con azufre elemental) y agua.

Los fertilizantes de fosfato incluyen: piedra de fosfato molida, escoria básica (subproducto de siderúrgicas), superfosfato (piedra de fosfato molida + ácido sulfúrico), triple superfosfato (piedra de fosfato + ácido fosfórico), y fosfato mono y diamónico.

- Potasio

Todos los fertilizantes de potasio se fabrican con salmueras o depósitos subterráneos de potasa. Las formulaciones principales son cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio.

Se pueden producir fertilizantes mixtos, mezclándolos en seco, granulando varios fertilizantes intermedios mezclados en solución, o tratando la piedra de fosfato con ácido nítrico (nitrofosfatos).

Fertilizantes: Orgánico vs. Inorgánico

Fertilizantes Orgánicos

- ↑ Aportan nutrientes en forma natural y tienen menos efectos secundarios en el caso de uso excesivo (menor riesgo de "quemar" las plantas).
- ↑ Pueden ser aplicados en distintas épocas del año ya que la liberación es lenta y gradual.
- ↑ Ayudan a mejorar la estructura del suelo y restituyen los niveles de materia orgánica del suelo incrementando la capacidad de retener nutrientes minerales.
- ↓ No se puede saber con exactitud que nutrientes van a estar disponibles para las plantas, porque la velocidad con que son liberados depende de muchos factores (pH, temperatura, humedad).
- ↓ Pueden ser más difíciles de desparramar uniformemente.
- ↓ El origen de los abonos orgánicos es muy diverso y el aporte de nutrientes varía notablemente en cada uno.

- Por su lenta asimilación, requieren todo un proceso para llegar a tener efectos rendidores.

Fertilizantes inorgánicos

- Rápida asimilación de los nutrientes, ya que se encuentran en concentraciones mucho más grandes y específicas que los fertilizantes orgánicos.
- Amplia disponibilidad, aunque a precios elevados.
- Facilidad de aplicación.
- Pueden llegar más rápidamente a contaminar las fuentes de agua de la zona.
- Los excesos suelen tener efectos muy negativos.

Si se requiere una acción rápida, la selección más propicia es la de los fertilizantes inorgánicos, que suministran las dosis justas de cada elemento que se necesita para realizar la recomposición del suelo. Si se cuenta con el tiempo necesario, la utilización de los fertilizantes orgánicos es una solución más conveniente. Al ser de origen natural, aportan otros elementos más a los suelos (que los compuestos básicos) y no provocan la contaminación que los fertilizantes inorgánicos si generan.

Es así que para cada tipo de necesidad se debe aplicar el fertilizante adecuado. Por otro lado, la cantidad de cada uno debe tenerse en cuenta y el límite de aplicación también. Luego de obtener mejoras en el suelo, se pueden aplicar los fertilizantes orgánicos para continuar con el tratamiento y no caer en la sobrefertilización que provocan los fertilizantes inorgánicos. Hay importante evidencia que demuestra las ventajas de la aplicación conjunta de fertilizantes químicos y orgánicos.

2.5.2. Características y perspectivas del mercado [19]

Producción y consumo

Para el mercado de los fertilizantes químicos existen numerosas estadísticas recolectadas por las diferentes cámaras y organismos gubernamentales. Para el de los fertilizantes orgánicos, en cambio, la disponibilidad de información es mucho menor. Esto se debe a que por las características del producto (baja carga de nutrientes, elevado volumen), la distribución y comercialización de fertilizantes orgánicos es mucho más limitada y su uso está más orientado al auto-consumo que a la venta. Por este motivo se describirá únicamente el primero, entendiendo que los efluentes que podrían obtenerse a partir de la digestión anaeróbica de excretas constituyen un sustituto y un complemento de los fertilizantes inorgánicos. Las *Figuras 2.21* y *2.22* muestran la evolución de este

[19] Los datos y gráficos que se presentan en esta sección fueron obtenidos a través de información de CIAFA - Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos

sector durante los últimos años.

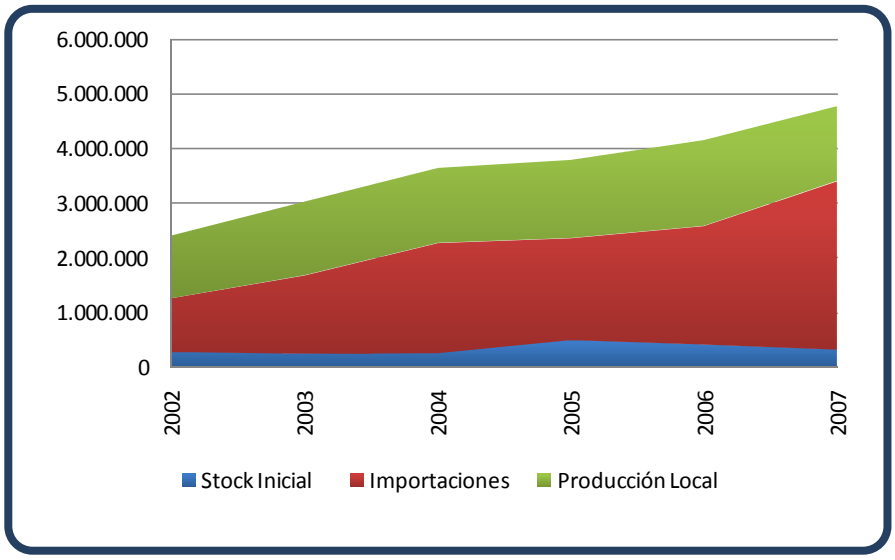


Figura 2.21 - Origen de los fertilizantes inorgánicos, Mercado argentino

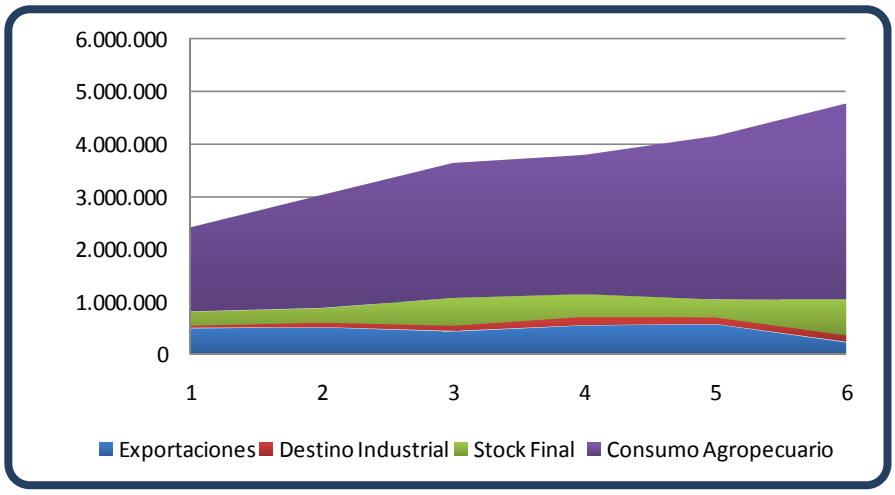


Figura 2.22 - Destino de los fertilizantes inorgánicos, Mercado argentino

La mayor parte del fertilizante químico que se utiliza en nuestro país es importado. Sin embargo, existe producción nacional, principalmente nitrogenados y en gran escala. Además, parte de los fertilizantes fosforados, que hasta el 2005 se importaban en su totalidad (EEUU, Rusia, Lituania, Marruecos, Túnez, China y Brasil), hoy también se produce localmente.

Bunge Argentina, con la posible adquisición del negocio de fertilizantes de la empresa brasileña Petrobras Energía, pasaría a ser la principal vendedora de fertilizantes en el país. Entre otras empresas, en el mercado de fertilizantes se destacan Mosaic, Nidera, Yara y Profertil. Esta última firma, fruto de un joint venture entre la canadiense Agrium

y Repsol-YPF, es la principal productora nacional del fertilizante urea. Las empresas que producen en nuestro país han realizado importantes inversiones para atender al mercado local y las demandas internacionales, ambas crecientes. Tienen a su vez inversiones en curso y diversos proyectos vinculados a nuevos emprendimientos.

En cuanto a los tipos de fertilizantes utilizados existe una evidente predisposición hacia los fertilizantes líquidos con relación a los sólidos, a pesar que todavía no se cuenta en muchos casos con la infraestructura necesaria por parte del comerciante para su correcta distribución. Así mismo, los productores, en gran porcentaje, todavía no cuentan con los elementos necesarios para su almacenamiento, como tampoco con los elementos más eficaces para su aplicación a los suelos. Las *Figuras 2.23* y *2.24* reflejan las tendencias en cuanto al consumo de fertilizantes.

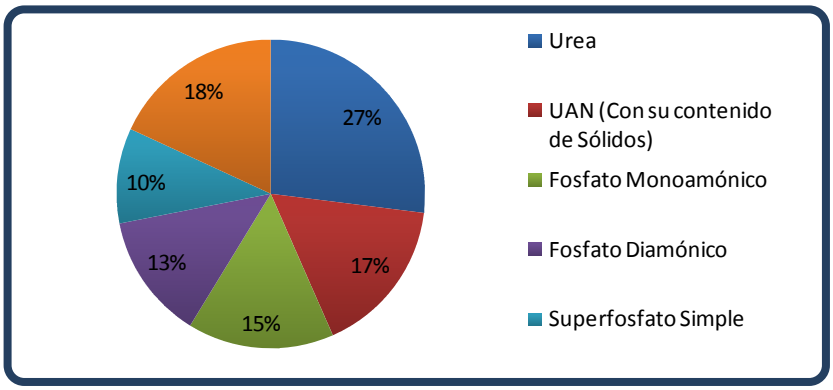


Figura 2.23 - Consumo de fertilizantes por Nutrientes

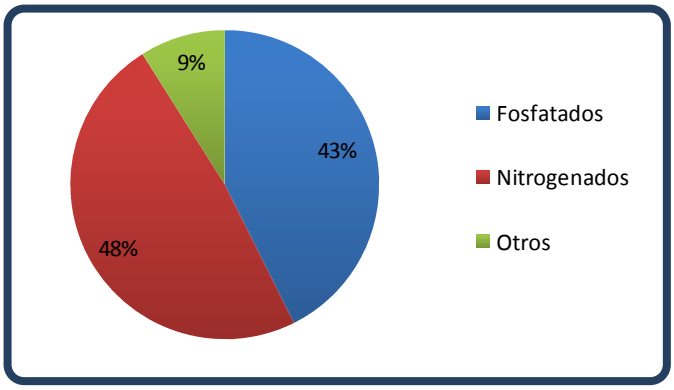


Figura 2.24 - Consumo de fertilizantes por Tipo

Perspectivas

Si observamos la evolución de los sistemas productivos agrícolas en la Argentina se registra un cambio hacia una agricultura intensiva y el desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas tradicionalmente ganaderas. En este sentido, desde 1990 hasta el 2007, la superficie cultivada se incrementó cerca del 47%, mientras que la producción,

en el mismo período, un 165% con un consecuente incremento en la extracción de nutrientes. Según diversos investigadores, esta situación, junto con una inadecuada rotación de cultivos, viene generando un creciente deterioro de los suelos que se manifiesta en una notable disminución del contenido de nutrientes y en una caída en sus reservas.

Los nutrientes que ingresan al sistema están constituidos por los aportes de los distintos fertilizantes, abonos orgánicos y residuos de cultivos anteriores. Los egresos, por el otro lado, se estiman a partir de las concentraciones promedio de los granos y forrajes cosechados, los cuales varían en función de las condiciones ambientales y de manejo. A pesar de la mejoría que se puede notar en el uso de fertilizantes en los últimos años, el balance de nutrientes aún sigue siendo negativo. La *Figura 2.25* permite comparar la evolución de la producción de granos, área sembrada y consumo agropecuario de fertilizantes.

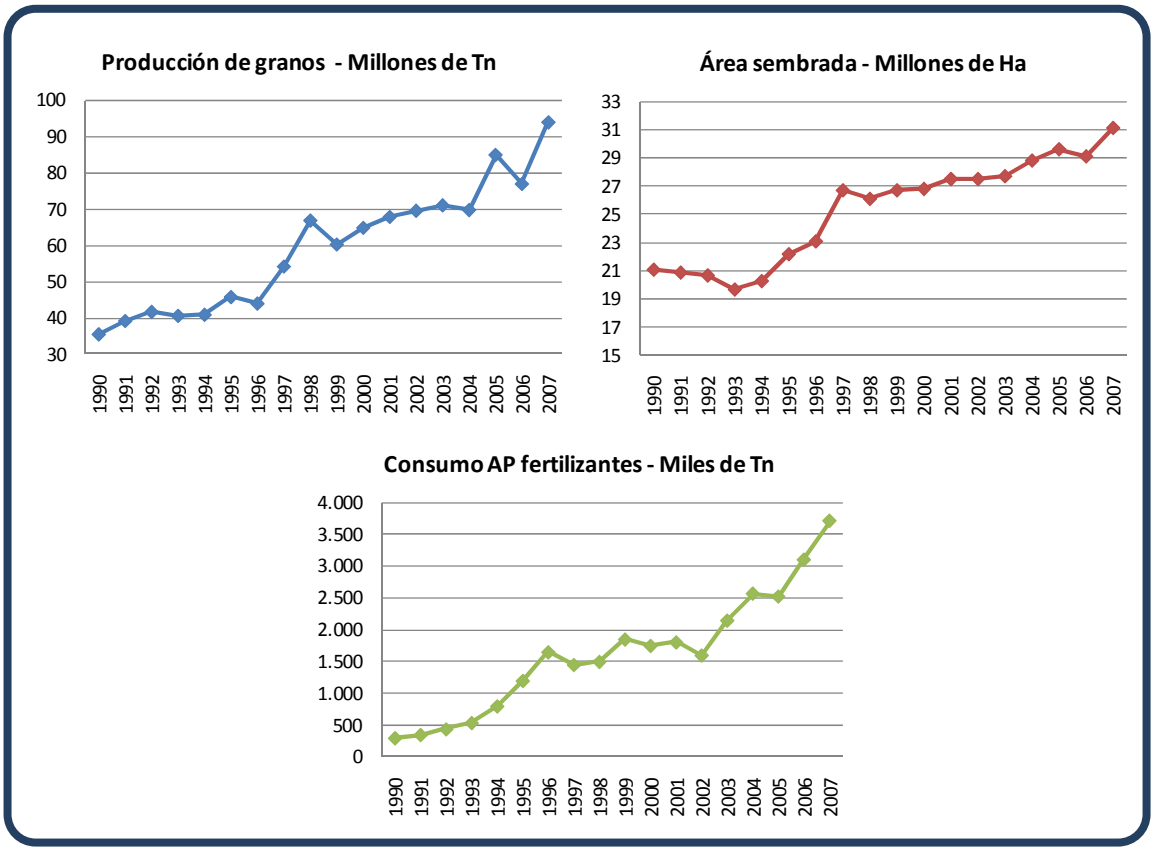


Figura 2.25 - Evolución del consumo de fertilizantes respeto a la Producción de granos y Área sembrada

Varios aspectos de la coyuntura actual permiten prever que el mercado de los fertilizantes continuará creciendo en los próximos años:

1. La intensificación y expansión de la agricultura.

2. La necesidad de restituir los nutrientes extraídos.

3. El desarrollo de la industria de producción local de fertilizantes.

Por otro lado, existen factores de riesgo, entre los que podemos señalar las medidas políticas que han desalentado la inversión en las actividades agropecuarias y el incremento de las materias primas (principalmente el gas natural y el petróleo). Como contrapartida, esto último podría favorecer la expansión de los abonos orgánicos como sustitutos naturales de los fertilizantes inorgánicos. Sin embargo, la mayor oferta interna podría impactar negativamente en los precios.

2.6. Instituciones y Normativa

2.6.1. Vinculadas a la producción agropecuaria y porcina

Instituciones

Tipo		*Institución*	*Función (vinculada al proyecto)*
Agropecuarias y Porcinas	*Gubernamentales*	MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca SAGyP - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Subsecretaría de Ganadería	Diseñar, proponer y coordinar la ejecución de políticas, planes y programas relacionados con la producción ganadera y los mercados ganaderos, procurando el adecuado equilibrio entre productividad, sostenibilidad de los recursos naturales y distribución territorial.
		MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca SAGyP - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca JER - Jóvenes Emprendedores Rurales	Promover la vocación y las competencias emprendedoras de los jóvenes rurales, fomentando la motivación, la identificación de nuevas oportunidades, el acceso a la información y el desarrollo de redes de apoyo.
		MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria	Ejecutar las políticas nacionales y verificar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de sanidad y calidad animal.

		MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca ONCCA - Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario	Garantizar el cumplimiento de las normas comerciales por parte de los operadores que participan del mercado de ganados y carnes, a fin de asegurar transparencia y equidad en el desarrollo del sector agroalimentario.
	Gremiales	SRA - Sociedad Rural Argentina	• Velar por el patrimonio agropecuario del país y fomentar su desarrollo • Promover el arraigo y la estabilidad del hombre en el campo y el mejoramiento de la vida rural en todos sus aspectos • Coadyuvar al perfeccionamiento de las técnicas, los métodos y los procedimientos aplicables a las tareas rurales y al desarrollo y adelanto de las industrias complementarias y derivadas. • Asumir la más eficaz defensa de los intereses agropecuarios
		FAA - Federación Agraria Argentina	
		Coninagro - Confederación Intercooperativa Agropecuaria	
		CRA - Confederaciones Rurales Argentinas	
	Cámaras Procinos	AAPP - Asociación Argentina de Productores Porcinos	Acercar y nuclear a profesionales especialistas en producción porcina, con el fin de intercambiar las experiencias desarrolladas en cada institución participante, promover convenios a través de proyectos de cooperación, definir líneas de trabajo conjuntas, defender sus intereses y ofrecer otros servicios que ayuden a mejorar su producción.
		PORMAG - Porcino Magro	
		AAC PORCINOS	
	I&D	GIDESPORC	Mejorar, a través del intercambio de experiencias y tecnologías de producción de cada uno de los integrantes, el resultado productivo y económico de las explotaciones porcinas.
		GITEP - Grupo de Intercambio Tecn. de Explotaciones Porcinas	
		A.CO.TE.CE - Agrupación de Consultores en Tecn. del Cerdo	

Tabla 2.9 - Instituciones vinculadas a la producción agropecuaria y porcina

Normativa

Se rige por reglamentaciones provinciales y municipales, siendo las principales autoridades de aplicación el SENASA y el Ministerio de asuntos agrarios. Por ejemplo, para el caso de la provincia de Buenos Aires, estas normas serán la Ley 10.510, el

Decreto Reglamentario 4.933 y otras Ordenanzas Municipales.

Estas normas definen:

- La organización del espacio urbano en zonas donde se permiten diferentes actividades.
- La clasificación de explotaciones porcinas y de los sistemas de producción.
- Las distancias mínimas a zonas urbanas/otros establecimientos y las dimensiones máximas permitidas.
- Los requisitos de habilitación e inscripción. La documentación requerida
- Las normas vinculadas a la gestión alimenticia, sanitaria y ambiental.
- Las características y dimensiones de las instalaciones y equipos.
- Los organismos de control
- Las medidas y sanciones a aplicar ante infracciones

La normativa se deberá tener en cuenta a la hora de proyectar el desarrollo de un criadero y analizar sus perspectivas de expansión. Sin embargo, no reglamenta las técnicas de manejo de efluentes sino que se limita a establecer requisitos mínimos respecto a las instalaciones y vertido de efluentes.

2.6.2. Vinculadas a la producción de energía y el medio ambiente

Instituciones

Tipo		*Institución*	*Función (vinculada al proyecto)*
Energia y Medio Ambiente	*Gubernamentales*	Ministerio de Planificación Federal, Inversión pública y Servicios Secretaría de Energía	Participar en la elaboración, propuesta y ejecución de la política nacional en materia de energía, con un amplio criterio de coordinación federal con las jurisdicciones provinciales, supervisando su cumplimiento y proponiendo el marco regulatorio destinado a facilitar su ejecución.

		Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable	Coordinar la planificación estratégica de políticas y programas ambientales del gobierno nacional. Coordinar y articular la gestión ambiental de los organismos responsables de ejecutar estos planes y programas.
		Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Subsecretaría de Promoción del Desarrollo Sustentable Dirección de Cambio Climático FAC - Fondo Argentino de Carbono	Facilitar el desarrollo de nuevos proyectos de inversión en la Argentina. Mediante su implementación se potencia la utilización del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) establecido por el Protocolo de Kyoto a la par que contribuye al desarrollo sostenible de nuestro país.
		ENRE - Ente Nacional Regulador de la Electricidad	Regular la actividad eléctrica y controlar que las empresas del sector (generadoras, transportistas y distribuidoras) cumplan con las obligaciones establecidas en el Marco Regulatorio y en los Contratos de Concesión.
		ENARGAS - Ente Nacional Regulador del Gas	• Dictar los reglamentos en lo referente a seguridad, protección ambiental, procedimientos técnicos y comerciales, y calidad del servicio ligada a la producción, distribución y consumo de gas. • Aprobar las tarifas que aplican los prestadores y emitir autorizaciones diversas. • Fiscalizar el mercado realizando inspecciones y auditorías.
	ONGs	Methane to Markets	Reconociendo la importancia del metano en el calentamiento global y su uso potencial como fuente de energía limpia, 14 países lanzaron en el 2004 la Asociación "Methane to Markets". Con el apoyo de los gobiernos asociados y la participación de entidades del sector privado, "Methane to Markets" reúne la experiencia técnica y de mercado, la financiación y la

			tecnología necesarias para el desarrollo de proyectos de captura y uso de metano alrededor del mundo. La asociación reduce las barreras de mercado, información, e institucionales para el desarrollo de proyectos, a través de herramientas y recursos, capacitación, demostración de tecnología y apoyo directo al proyecto. Se presta especial atención a reunir a todos los actores necesarios (gobiernos, instituciones financieras, desarrolladores, proveedores de tecnología y otros).
		Fundación Proteger	• Aglutinar a Investigadores, Científicos, Profesionales, Docentes y Empresarios involucrados en el uso racional de la energía, el aprovechamiento de los recursos renovables y el cuidado del ambiente. • Favorecer un intercambio de ideas, experiencias y actualización de las tecnologías disponibles en el mercado nacional e internacional.
		CADER - Cámara Argentina de Energías Renovables	
		ASADES - Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente	
	Otras	CAMMESA - Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.	Despachar el Sistema Argentino de Interconexión (SADI) de acuerdo a lo previsto por la Ley 24.065 y sus normas complementarias y reglamentarias.

Tabla 2.10 - Instituciones vinculadas a la producción de energía y el medio ambiente

Normativa

- Normativa Ambiental

Analizando el marco regulatorio de las actividades de producción intensiva de animales, se observa que existe un gran número de reglamentaciones vinculadas a los aspectos económicos de la actividad (subsidios, compensaciones, establecimiento de precios, etc.). Sin embargo, solo hace unos pocos años se han comenzado a diseñar regulaciones orientadas a controlar y mitigar el impacto ambiental de las mismas.

Estas normas, resoluciones y ordenanzas de carácter provincial y municipal, buscan

definir áreas restringidas para la actividad en función de la escala de los establecimientos y de la cercanía a centros poblacionales (ordenamiento territorial). Pero salvo la exigencia de un estudio de impacto ambiental, no establecen obligaciones respecto al tipo de tratamiento o tecnología a implementar para el procesamiento de los residuos y efluentes.

En lo que refiere al vertido de efluentes, todas las provincias tienen regulaciones sobre el vertido a cursos de agua superficiales, sistemas cloacales o al suelo. No existe, en general, una reglamentación diferencial o específica para el caso de los productores ganaderos, por lo que los efluentes generados por los establecimientos de cría intensiva quedan regulados bajo dichas normas.

Sin embargo, es importante señalar la inexistencia o debilidad de los mecanismos de control y la falta de capacidad que tienen los organismos de control (los municipios, en conjunto con la Autoridad de Aplicación designada) para implementar un sistema eficiente que garantice el cumplimiento de las normas vigentes.

- Normativa Energética

La tecnología propuesta implica la generación, transporte y utilización de energía. En el caso de generar excedentes, podría también implicar su comercialización. Estas actividades se encuentran reguladas por diferentes normas según la forma de energía que se considere.

Se señaló anteriormente que las principales formas de comercializar/usar la energía son en forma de gas y/o electricidad. En cualquiera de los casos se tratará de productores minoristas y es probable que el volumen generado no justifique las inversiones requeridas para adecuar el suministro a los requisitos de las redes de distribución (eléctricas o de gas). Existe sin embargo, la posibilidad de utilizar la energía para el auto-consumo y comercializar los excedentes con establecimientos vecinos (las regulaciones son más flexibles en este sentido y se requieren menores inversiones). Por este motivo, el foco del análisis del marco regulatorio se establece en esta posibilidad.

En Argentina la regulación de los combustibles es en general federal, sin perjuicio de que ciertos aspectos están sujetos a normas provinciales y municipales. La Autoridad de Aplicación es la Secretaría de Energía, del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

Esta normativa abarca cuestiones vinculadas a la producción, transporte, almacenamiento, comercialización, exportación/importación, abastecimiento, precios, calidad y seguridad de las instalaciones, entre otros aspectos. Coexisten tres regímenes diferentes:

- El de los hidrocarburos fósiles (Ley n°17.319 – Ley de Hidrocarburos

- El del transporte y de la distribución del gas natural (Ley n°24.076, Decreto Reglamentario n° 1.738/92, Normas complementarias).

- El de los biocombustibles (Ley 26.093/2006 – Ley de Biocombustibles, Decreto Reglamentario n°109/07, Ley n°17.319 de la Provincia de Buenos Aires).

Si bien el tema del biogás lleva numerosos años de investigación resulta difícil definir el marco regulatorio aplicable. Lo primero que se debe señalar es que, según la definición de gas del Decreto Reg. n°1.738/92 ("gas natural procesado o sin procesar, gas natural líquido vaporizado, gas sintético o cualquier mezcla de estos gases en estado gaseoso, y que consistan primordialmente en metano"), el biogás debe ser considerado como tal y por la tanto estaría regulado por esta norma. La autoridad de aplicación en este caso sería el ENARGAS – Ente Nacional Regulador del Gas.

La ley establece la exclusividad de determinados distribuidores de gas en ciertas zonas, por lo que la distribución del biogás podía implicar una violación a esta norma. Sin embargo, la misma ley contempla una serie de excepciones, en las que podríamos incluir al biogás: "Los Distribuidores tendrán la exclusividad para la provisión del servicio de Distribución dentro de la zona delimitada en la respectiva habilitación con sujeción al acceso de terceros según lo autorice el Ente de regulación" (Decreto Reg. n°1.738/92 - Art. 12).

En cualquier caso, las instalaciones de captura, uso y transporte deberán ser habilitadas por parte de la Secretaría de Energía.

En cuanto a la Ley de Biocombustibles, la misma establece que "la producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles estará sujeta a autorización previa de la Autoridad de Aplicación, con independencia del tipo de producto objeto de consideración" (Ley n°26.093/2006 - Art. 8). Además, instituye que "el biocombustible gaseoso denominado biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución de acuerdo a lo que establezca la Autoridad de Aplicación" (Ley n°26.093/2006 - Art. 11). La Autoridad de Aplicación es, según la misma, Ley la Secretaría de Energía.

Sin embargo, hasta la fecha, la Secretaría de Energía no ha reglamentado la actividad como si lo ha hecho con otros biocombustibles (como el biodiesel, por ejemplo). En este sentido, la normativa no establece restricciones en lo que hace a la implementación de la tecnología y uso/comercialización del biogás. En cualquier caso, hasta el momento solo requeriría la inscripción del establecimiento ante la Secretaría de Energía como productor, trámite que para los antecedentes de otros biocombustibles no presenta demasiadas complicaciones.

Alternativamente, el biogás capturado podría aprovecharse para la generación de electricidad. Las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización

de energía eléctrica en general son objeto de regulación federal en la medida que las mismas se vinculan con el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), a través de la interconexión en algún punto del Sistema Argentino de Distribución (SADI). El marco regulatorio de esta actividad está establecido por la Ley n°24.065 y sus normas complementarias y regulatorias.

El Anexo 12 de "Los Procedimientos para la Programación de la Operación, el Despacho de Cargas y el Cálculo de Precios" aprobados por la Resolución 61/92 establece los requisitos que deberán cumplir los auto-generadores y co-generadores para convertirse en agentes del MEM. Entre los requisitos, deben contar con una potencia instalada no inferior a 1 MW, con una disponibilidad media anual no inferior al 50%. Estos, y otros requisitos, vuelven inviable la interconexión de un generador como los que podrían instalarse en un criadero.

Sin embargo, la electricidad podría comercializarse a establecimientos e industrias vecinas, sin necesidad de efectuar una conexión al SADI. Este tipo de generación está sujeta a otro marco regulatorio, de carácter provincial. En la provincia de Buenos Aires, por ejemplo, está regulada por la Ley n°11.769, sus modificaciones y el decreto n°2.479/94. Estas normas no establecen trabas significabas a la comercialización de energía eléctrica entre particulares.

Para concluir, podemos señalar que desde la perspectiva legal no existen problemas significativos que dificulten la comercialización minorista de la energía generada, en cualquiera de sus formas. Se deberá en cualquier caso obtener las autorizaciones correspondientes y cumplir con las normativas técnicas vigentes.

Por último, es importante mencionar los insipientes esfuerzos del Gobierno Nacional para generar un cambio en la matriz de abastecimiento energético argentina a través del estimulo a fuentes de energía renovables. En esta dirección, fue sancionada en el 2006 la Ley n°26.190 que establece como objetivo "lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el OCHO POR CIENTO (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, en el plazo de DIEZ (10) años a partir de la puesta en vigencia del presente régimen" y reglamenta un conjunto de medidas tendientes a favorecer a quienes desarrollen estas alternativas. El acceso a estos beneficios, sin embargo, es en la práctica muy limitado y se encuentra sujeto a numerosas trabas.

2.6.3. Vinculadas a la producción y comercialización de fertilizantes

Instituciones

<table>
<tr><th colspan="2">Tipo</th><th>Institución</th><th>Función (vinculada al proyecto)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Fertilizantes</td><td>Gub.</td><td>MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca</td><td>Diseñar e implementar normas orientadas a fiscalizar la producción y comercialización de fertilizantes</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Otras</td><td>CASAFE - Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes</td><td>Representar los intereses de la industria de la ciencia de los cultivos (creación, desarrollo, protección y nutrición de cultivos) y de sus afiliados (empresas nacionales y multinacionales).</td></tr>
<tr><td>CIAFA - Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos</td><td rowspan="2">• Nuclear a las empresas que fabrican, formulan, comercializan y distribuyen fertilizantes.
• Difundir información técnica sobre fertilizantes y enmiendas adaptadas a las condiciones de nuestro país.
• Proteger a la industria local en un sentido amplio, promoviendo la integración entre la industria y el ámbito agropecuario.</td></tr>
<tr><td>Fertilizar Asociación Civil</td></tr>
</table>

Tabla 2.11 - Instituciones vinculadas a la producción y comercialización de fertilizantes

Normativa

La producción y comercialización de fertilizantes se encuentran reguladas por la ley n°20.466 y su Decreto Reglamentario 4.830/73. Estas leyes establecen la obligatoriedad del registro de los fertilizantes y enmiendas, y fijan el marco regulatorio a nivel nacional y las normas para la fiscalización de la comercialización. Las principales definiciones de las normas incluyen:

- Autoridad de aplicación (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca)
- Definición y alcance del concepto fertilizante
- Requisito de inscripción de los productores y comerciantes.

- Requisito de la certificación de aptitud para su empleo. Requisitos de etiquetado y comunicación para la comercialización.
- Características que deben reunir el producto y los controles de calidad
- Sanciones y atribuciones de la autoridad de aplicación

Respecto a la posibilidad de comercializar los efluentes procesados a través de la digestión anaeróbica, las normas señalan que "los fertilizantes orgánicos como ser estiércol, compost, etc., y enmiendas orgánicas no sometidas a manipulación industrial quedan exentos del cumplimiento de los requisitos del presente decreto y su venta bajo análisis es optativa. No se podrá hacer referencia a su composición química o bioquímica o elementos nutrientes sin haberlos sometido a análisis previos" (Decreto 4.830/73). La vaguedad del término "manipulación industrial" complica el análisis de su alcance, pero consultando a especialistas del sector se puede afirmar que la comercialización no presentaría demasiadas complicaciones.

No existen aún leyes que regulen el uso de los fertilizantes, aunque abundan los proyectos de Ley que buscan establecer valores mínimos, que garanticen la reposición de nutrientes al suelo, y máximos, que eviten la contaminación del suelo y fuentes de agua.

2.6.4. Vinculadas a la investigación, desarrollo y consultoría

Instituciones

Tipo		*Institución*	*Función (vinculada al proyecto)*
Ciencia, Investigación y Desarrollo	*Gubernamentales*	INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Departamento de Ingeniería Rural	Impulsar y vigorizar el desarrollo de la investigación agropecuaria, y acelerar la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y de la vida rural
		Ministerio de Economía y Producción Secretaría de Industria, Comercio y Pymes INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial	• Fomentar la generación y transferencia de tecnología a la industria. • Actuar como referente técnico en la aplicación de regulaciones de calidad e identidad del producto. • Mejorar la competitividad de la industria.

		MINCYT - Ministerio de ciencia, tecnología e innovación productiva	Contribuir a incrementar la competitividad del sector productivo, sobre la base del desarrollo de un nuevo patrón de producción basado en bienes y servicios con mayor densidad tecnológica.
	Otras	Proveedores	No existen proveedores dedicados exclusivamente a la fabricación de digestores en el ámbito local. Sin embargo, la sencillez constructiva de la tecnología y disponibilidad de materiales permite asegurar que existe capacidad de fabricarlos a nivel nacional.
		Universidades	Especialidad en la Universidad del Litoral
		Investigadores	Eduardo Gropelli, Jorge Hilbert

Tabla 2.12 - Instituciones vinculadas a la Investigación, desarrollo y consultoría

2.6.5. Financiación

Existen planes de financiación especialmente orientados al desarrollo de tecnologías con impactos ambientales positivos. Entre esto planes se destaca el siguiente: ANR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Los ANR están destinados a cofinanciar proyectos de innovación tecnológica realizados por micro, pequeñas y medianas empresas a través de subvenciones que cubren un porcentaje del costo del proyecto. La empresa beneficiaria deberá aportar el porcentaje restante. Sin embargo, el acceso a este tipo de financiación es bastante limitado.

- Beneficiarios: PyMEs
- Objetivo: Financiar parcialmente proyectos que tengan como meta mejorar el desempeño ambiental de las PYMES sobre la base de un incremento en la eficiencia de los procesos y productos mediante la aplicación de un enfoque preventivo o de producción limpia, donde se verifique una optimización en el uso de los recursos y/o una minimización de residuos, efluentes y emisiones.
- Financiación: Hasta $300.000 siendo posible que una empresa presente más de un proyecto siempre que el monto total de las distintas presentaciones no exceda esta suma.

3. ANALISIS PARA EL ESTABLECIMIENTO SELECCIONADO

Nota: El productor que se estudia ha sido contactado a través de diferentes cámaras. Al momento del contacto el mismo se encontraba estudiando la posibilidad de implementar la tecnología y ha mostrado gran interés en el proyecto. Sin embargo, con el objetivo de garantizar la confidencialidad de la información aportada y que se detalla a continuación, se hará referencia al productor porcino como la EMPRESA y se evitará efectuar referencias excesivamente específicas. Esto sin embargo, no altera la validez y veracidad del análisis efectuado.

3.1. Caracterización del productor

3.1.1. Sobre el productor

La EMPRESA está ubicada en el sur de la provincia de Córdoba, a unos 300 km de la capital provincial y a unos 200 km de la ciudad de Rosario. Es uno de los emprendimientos porcícolas más grandes de la provincia.

Sus dueños, dos productores de granos con larga trayectoria en producción porcina, decidieron volver al negocio de la cría de cerdos con una fuerte inversión en sus granjas, luego de haber alquilado sus instalaciones a terceros a partir de la crisis de 2001. La inversión tuvo lugar en agosto del 2007, pero la producción recién comenzó un año más tarde, teniendo lugar la primera venta en febrero de 2009. La EMPRESA tiene por objetivo producir animales de alta calidad genética, de acuerdo a las técnicas de manejo más avanzadas en estándares de producción.

La reestructuración de las antiguas instalaciones de la granja permitió que hoy la EMPRESA supere las 800 madres, con una producción semanal de unos 350 cerdos de 120 kg cada uno. Este volumen constituye a la EMPRESA en una de las mayores granjas de cerdos en la provincia de Córdoba, capaz de obtener una producción de 42.000 kg por semana.

Las inversiones en el desarrollo de la granja implicaron la reorganización de las unidades productivas. Se destinó una de ellas al servicio, gestación y maternidad (Sitio I). En este sitio ya se alojan unas 800 madres, con proyectos de aumentar la capacidad a 1.100 en el corto plazo. La otra granja está destinada a la recría (Sitio II), y la última al desarrollo y terminación del engorde porcino (Sitio III). Además, se adaptaron las instalaciones a la última tecnología en lo que refiere a la infraestructura y bioseguridad en producción porcina.

La EMPRESA compra sus principales materias primas (maíz y soja) a los mismos socios de la firma, quienes venden los cereales a la granja aprovechando la ventaja competitiva que implica el ahorro de fletes (alternativamente deberían ser transportadas a Rosario para su venta). Este aspecto ha sido central para el desarrollo del proyecto ya

que permite a la EMPRESA conseguir el cereal al mejor precio posible, disminuyendo el impacto de la alimentación en los costos totales. Además, trabaja con otra firma como principal proveedor de otros insumos necesarios para la producción de alimentos (suplementos dietarios).

Además de esta ventaja, la granja está ubicada a tan solo unos 15 km de distancia de uno de los pocos establecimientos frigoríficos habilitados para exportar carne de cerdo. Hasta el desarrollo del proyecto, el frigorífico tenía serias dificultades para conseguir uniformidad en la calidad y constancia en los volúmenes de carne producidos. Por ello, los socios en su conjunto interactúan constantemente con el directorio del frigorífico a fin de asegurar la comercialización de sus productos, formando una alianza estratégica. La cercanía al frigorífico además le permite reducir los costos asociados a los fletes y la mortalidad durante el transporte, con un impacto muy positivo en los costos.

Las inversiones realizadas reactivaron muchas actividades en la zona. Además de las 15 personas que trabajan en la granja de manera directa, hay camioneros, herreros y hasta lavaderos que trabajan con este emprendimiento. Dentro de una zona netamente agrícola, la EMPRESA es uno de los pocos emprendimientos que transforma granos en carne en un volumen tan importante.

3.1.2. Cuestionario - Relevamiento del establecimiento

A fin de analizar la factibilidad de implementación de la tecnología se preparó un cuestionario orientado a conocer las características del ganado, las instalaciones, el manejo de efluentes, el consumo de energía y el grado de compromiso de la EMPRESA con el proyecto. Este cuestionario constituye la base para efectuar un diagnóstico y dimensionar una solución. El mismo es de elaboración propia, aunque se utilizaron cuestionarios del AgStar Program y del INTA como guía.

Caracterización del Ganado

1.1. ¿Qué tipo de ganado cría?

Se cría exclusivamente ganado porcino. La producción es de ciclo completo. Se crían lechones, capones y hembras sin servicio. A su vez se cuenta con una cabaña para la producción de cerdas madres y padrillos para reproducción.

Se cuenta con genética 100 % PIC. PIC son las iniciales de Pig Improvemnet Company. El negocio de PIC es la mejora genética de cerdos, identificando parámetros de interés que sean heredables, fijando objetivos de selección y aplicando intensos programas de mejora. Para ello la granja cuenta con:

➔ Un plantel multiplicador (3 abuelos PIC1025 y 80 abuelas PIC1050).

➔ Un plantel comercial (800 madres C23 y 8 padrillos PIC415)

1.2. ¿Cuál es peso promedio del ganado?

El peso de venta es 120 kg/animal. El peso promedio de todo el establecimiento (considerando todos los animales) es aproximadamente de 60 kg/animal.

1.3. Cuál es la cantidad promedio de cabezas a lo largo del año?

El total de cabezas es de aproximadamente 11.000, que se distribuyen de la siguiente forma:

Sitio	*Galpón*	*Tipo*	*Cantidad*
Sitio I	Gestación 1	Cerda madre	260
	Gestación 2	Cerda madre	320
	Gestación 3	Cerda madre	150
	Maternidad 1	Cerda madre con camada	30
		Cerdo p/engorde < 21 días	360
	Maternidad 2	Cerda madre con camada	40
		Cerdo p/engorde < 21 días	480
	Padrillos	Padrillo	15
Sitio II	Recría 1	Cerdo p/engorde > 21 días	750
	Recría 2	Cerdo p/engorde > 21 días	750
	Recría 3	Cerdo p/engorde > 21 días	750
	Recría 4	Cerdo p/engorde > 21 días	750
	Recría 5	Cerdo p/engorde > 21 días	750
Sitio III	Engorde 1	Cerdo p/engorde > 77 días	0
	Engorde 2	Cerdo p/engorde > 77 días	0
	Engorde 3	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 4	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 5	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 6	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 7	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 8	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 9	Cerdo p/engorde > 77 días	720
	Engorde 10	Cerdo p/engorde > 77 días	720
Total			*11.165*

Tabla 3.1 - Composición de la piara

1.4. ¿Esta cantidad es variable a lo largo del año? ¿Entre qué valores?

La cantidad varía en función de las ventas. La variación es de ± 500 cabezas, es decir aproximadamente 5% del total de la piara. Esta variabilidad no es significativa

1.5. ¿Cómo ha sido la evolución de la cantidad de cabezas en los últimos años? ¿Dispone de datos históricos de esta evolución, de ser posible con apertura mensual?

No hay apertura mensual de los datos ya que no se dispone prácticamente de datos históricos. La EMPRESA inició la producción a fines del 2008 con 800 hembras y con una proyección a futuro de:

➔ Inicio 2010: 800 madres

➔ Inicio 2011: 900 madres (+12,5% respecto al 2010)

➔ Inicio 2012: 1.100 madres (+22% respecto al 2011)

➔ Inicio 2014: 2.200 madres (+100% respecto al 2012)

1.6. ¿Qué porcentaje de tiempo el ganado se encuentra encerrado o confinado?

Todo el tiempo, durante todo el ciclo.

1.7. ¿Cómo es alimento que se entrega al ganado?

Alimento balanceado a base de maíz + expeller de soja + aceite + otros complementos. Como se señalo anteriormente la mayor parte de las materias primas son provistas por los socios dueños del proyecto.

2. <u>Caracterización de las instalaciones</u>

2.1. ¿Cómo se organiza el criadero? ¿Cómo son las instalaciones donde son confinados los animales? [20] ¿Dispone de un croquis o plano donde se puedan identificar las principales instalaciones, su ubicación y dimensiones? (Ver *Figura 3.1)*

La EMPRESA está dividida en tres unidades productivas o sitios, cuyas características son:

- Sitio I: Maternidad

  Reproducción en jaulas de gestación, maternidad (100 % inseminación artificial) y destete a los 21 días de vida. Se ubica al sur de la provincia de Córdoba.

[20] Para un detalle de las instalaciones referir al *[ANEXO XI - Detalle de las instalaciones]*

- Sitio II: Recría.

  Recría de 22 a 77 días de vida. Se ubica a unos 15 km del Sitio I.

- Sitio III: Engorde y Terminación.

  78 días hasta peso de mercado. Se ubica junto al Sitio II, a 15 km del Sitio I.

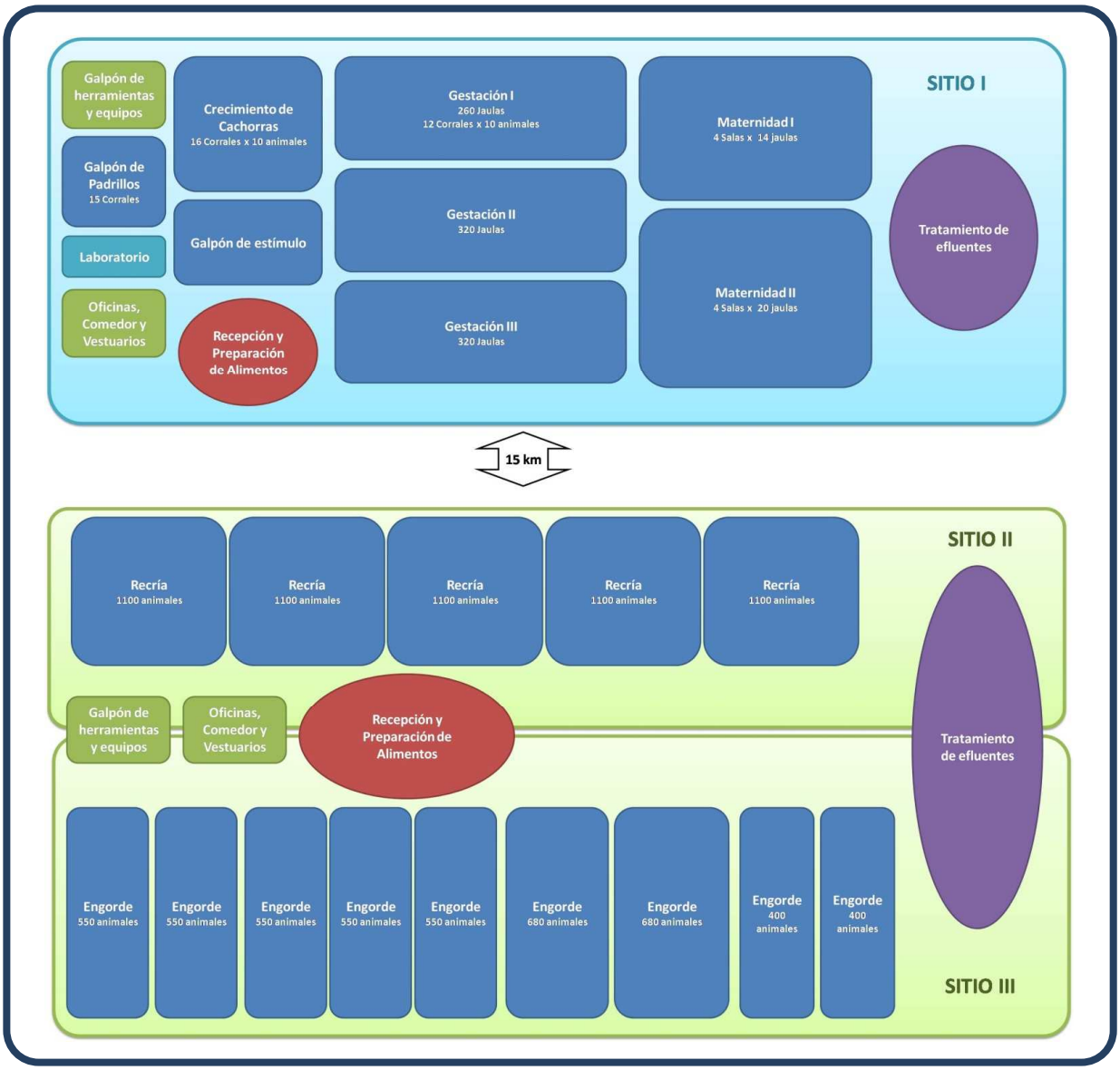


Figura 3.1 - Esquema de las instalaciones (meramente ilustrativo)

2.2. ¿Cómo es el suelo donde permanece la mayor parte del tiempo el ganado?

Si bien el Sitio I cuenta en su mayor parte con pisos de tipo slat, los Sitios II y III (que contienen la mayor parte del ganado) tienen piso de cemento. Es por ello que el manejo del estiércol y sus características no son las mismas en cada una de las zonas. Por

diversas razones, el consumo de agua por animal en el Sitio I es significativamente mayor.

3. Caracterización del manejo de efluentes

3.1. ¿Qué tipo de efluente manejan? ¿Cuál es la concentración promedio de sólidos disueltos? ¿Hay materiales disueltos a considerar (piedras, paja, alimento…)?

Las excretas tal cual son generadas tienen un promedio de sólidos disueltos cercano al 10%. Sin embargo, con el agregado de agua de limpieza y otros desperdicios, el efluente que se maneja es semi-líquido, con entre 2-5% de sólidos dependiendo del punto de muestreo. Los materiales extraños son escasos, en algunos casos alimento.

3.2. ¿Qué cantidad de agua se termina agregando a los efluentes?

El principal volumen de agua que se agrega a las excretas es el utilizado en las tareas de limpieza. Para el Sitio I este volumen es de unos 20.000 l/día, mientras que para el Sitio II&III de 60.000 l/día.

3.3. ¿Cómo recolecta los residuos pecuarios?

En el caso del Sitio I, las excretas caen a través del piso ranurado a una cámara que se encuentra debajo del suelo y que se descarga periódicamente por gravedad abriendo unas compuertas. En los Sitios II y III el sistema es similar pero, debido a que los pisos son de cemento no ranurado, las excertas son lavadas y conducidas a las cámaras a través de canales de descarga.

3.4. ¿Los residuo

3.5. s se recolectan en un único punto o múltiples?

Las excretas son recolectadas en un conjunto de lagunas, ubicadas por separado (un sector para el Sitio I y la otro para los Sitios II y III). Las excretas provenientes de los diferentes galpones se recolectan en distintas cámaras. Desde las cámaras las excretas son descargadas a una cámara común desde donde se bombean a las lagunas.

3.6. ¿Con qué frecuencia se efectúan las tareas de recolección?

Varía según el sitio. En los Sitio I y II la descarga de las cámaras se efectúa 2 o 3 veces por semana. En el Sitio III, en cambio, la descarga es continua. Esta demora no es significativa en términos de alteración de las propiedades del efluente.

3.7. ¿Cuál es la tasa de recolección de excretas? ¿Qué porcentaje del total de residuos generados se recolecta?

Se recolectan unos 130 m^3 diarios de efluentes, incluyendo todos los sitios. Los

efluentes incluyen el estiércol, la orina, el agua de lavado, y otras mermas de agua y alimento. Se puede decir que se recupera el 100% de las excretas en un tiempo menor a unos 3 días. Si consideramos la densidad de las excretas recuperadas $\delta \cong 1$, entonces, la tasa de recolección total anual es de 50.000 m^3 aproximadamente (50.000 Tn/año).

3.8. ¿Qué equipos utiliza en las tareas de recolección?

Más allá de los pisos ranurados, cámaras y conductos, se utilizan cuatro bombas estercoleras que efectúan el bombeado de las excretas a las lagunas. Además se utilizan equipos de lavado a presión para reducir el consumo de agua en los galpones con suelo de cemento.

3.9. ¿Dónde almacena los residuos? ¿Durante cuánto tiempo en promedio permanecen allí?

Los residuos se almacenan en diferentes lagunas, inicialmente aeróbicas y luego anaeróbicas. Hasta su disposición final permanecen en las lagunas aproximadamente 1 año (no hay registros ni controles precisos al respecto)

3.10. ¿Cuál es el destino final de los residuos?

Actualmente, pasado el periodo de almacenamiento, los residuos se usan para fertilización utilizando una bomba centrifuga que extrae el efluente de las lagunas y un aspersor que efectúa el riego en los campos. Sin embargo, no existen controles sobre la calidad del efluente utilizado, de los rendimientos alcanzados ni de los requerimientos del suelo. La EMPRESA no considera que este proceso le genere beneficios adicionales sino como la forma más económica de deshacerse de los residuos.

3.11. ¿Genera algún ingreso a través de ellos?

No se generan ingresos en forma directa, sino por el aumento en los rendimientos de los cultivos asociado a la fertilización. Este efecto no ha sido cuantificado.

4. Consumo de Energía

4.1. ¿Las instalaciones se encuentran conectadas a la red eléctrica? ¿Existe la posibilidad de vender energía eléctrica? ¿El establecimiento se encuentra próximo a centros industriales, urbanos o puntos de conexión a la red eléctrica?

Si, las instalaciones se encuentran conectadas a la red aunque la granja también cuenta con un generador diesel propio de baja potencia y eficiencia (se busca dejar de utilizarlo o reemplazarlo). Sin embargo las posibilidades de vender energía son escasas ya que no existen otros puntos de consumo cercanos (el establecimiento se encuentra a 15km del centro urbano más cercano)

4.2. ¿Cuál es el consumo anual de energía en sus diferentes formas? Considerar únicamente que aquellos usos que podrían ser reemplazados por el biogás.

Puesto que existen dos puntos de consumo bien diferenciados (Sitio I, y Sitio II&III), detallaremos los consumos de cada uno de ellos. Ver *Tabla 3.2.*

Tipo		*Consumo*
Sitio I	GLP YPF (kg GLP/año)	0
	Gas Natural (m^3 gas/año)	8.000
	Gasoil YPF (lt/año)	0
	Electricidad (KWh/año)	36.000
	Otro	0
Sitio II & III	GLP YPF (kg GLP/año)	0
	Gas Natural (m^3 gas/año)	50.000
	Gasoil YPF (lt/año)	3.500
	Electricidad (KWh/año)	330.000
	Otro	0

Tabla 3.2 - Consumo de energía

4.3. ¿Cuál ha sido la evolución de estos consumos en los últimos años? ¿Los consumos son variables a lo largo del año? ¿Entre qué valores?

Lamentablemente, dado que el emprendimiento comenzó a funcionar hace relativamente poco tiempo, no existen datos disponibles sobre la evolución de los niveles de consumo. Se puede afirmar que hay una estacionalidad en los mismos, con picos en el verano e invierno, pero no existen datos para cuantificar su magnitud.

4.4. ¿Existen motivos para esperar una baja/suba de estos consumos en los próximos años?

Como se señalo anteriormente, la EMPRESA tiene la expectativa de incrementar su producción significativamente en los próximos años. Este aumento implicará sin dudas un mayor consumo de energía, aunque es de esperar que el mismo no sea del todo proporcional al aumento en la cantidad de cabezas, considerando los ahorros que pueden obtenerse de la mayor escala de producción.

5. Grado de compromiso

5.1. ¿Cuál es su grado de interés por este tipo de tecnologías? ¿Qué importancia adjudica a los aspectos ambientales de la producción?

Muy alto. De hecho la EMPRESA se encuentra actualmente analizando seriamente su implementación.

5.2. ¿Dispone de conocimientos técnicos suficientes? ¿Dispone de mano de obra calificada? ¿Existen equipos técnicos de consulta?

La EMPRESA posee una amplia experiencia en la cría de cerdos y se ha puesto en contacto con especialistas en tecnologías de recuperación de biogás. Existen equipos de consultoría muy bien calificados. Respecto a la mano de obra calificada, la disponibilidad de la misma es escasa.

3.2. Modelo de análisis técnico - financiero

Figura 3.2 – Secciones del Modelo

Para el análisis técnico-financiero se construyó un modelo con el objetivo de evaluar la variabilidad e incertidumbre de ciertas variables. A continuación se describirán las secciones del mismo, que pueden observarse en la *Figura 3.2*. Se explicarán los criterios utilizados para la situación inicial y las hipótesis realizadas respecto a la evolución de estas variables. En función de estas premisas, se ajustarán los valores cada año. Para un detalle de los cálculos realizados en cada sección referir al *[ANEXO XII - Detalle de los cálculos]*.

3.2.1. Variables

En esta sección se establecen los valores y distribuciones de las variables macroeconómicas, de mercado y del negocio que afectarán el resto del proyecto. El objetivo de la misma es representar su variabilidad dentro de un escenario de continuidad de la situación actual tomado como base. Su incertidumbre, en cambio, será evaluada a través de escenarios. De esta forma, ajustando los valores de cada año, es posible utilizar el mismo criterio de evaluación y dimensionamiento que se utilizaría al principio del proyecto. Las premisas se establecen en la *Tabla 3.3*.

Operación de la granja	
Proyección del crecimiento de la cantidad de cabezas (%)	Se consideran crecimientos/decrecimientos discretos los años 2012 y 2015. Se efectúa de esta forma ya que a los efectos de dimensionar las instalaciones y evaluar su rentabilidad solo modificaciones significativas justifican inversiones y si bien la tecnología es modular, un modelo de inversión permanente no permitiría evaluar la rentabilidad de las mismas. Si bien la EMPRESA facilitó datos propios sobre la posible evolución de la cantidad de cabezas, se optó por un modelo más conservador asignándole una distribución triangular de valor mínimo -10%, más frecuente 0% y máximo +25%. El sesgo positivo responde a las expectativas tanto del sector como de la EMPRESA.
Proyección del crecimiento del consumo de energía (%)	Como se señaló anteriormente, existirá una fuerte correlación entra la variación de la cantidad de cabezas y los cambios en el consumo de energía. Por este motivo, y considerando las posibles económicas de escala, se considerará el incremento/reducción del consumo de energía igual al 80% de la variación de la cantidad de cabezas.
Variables Económicas	
Macroeconómicas	
Tasa de cambio ($/U$)	Para el análisis del proyecto se decidió hacer un supuesto de continuidad de la situación actual. De esta forma la tasa de cambio tiene una tendencia alcista (+0,15 $/U$.año, siendo durante el periodo 2005-2009 igual +0,20 $/U$.año) y una distribución lognormal (en función de las tendencias alcistas), con valor medio 3,85 $/U$ (valor actual) y desvío 0,16 $/U$ (igual al rango máximo del periodo 2005-2009 dividido 6.σ). Para facilitar el análisis la tasa de cambio se estabiliza hacia el 2015.
Índice de inflación	Se plantea también un escenario de continuidad asignándole una distribución normal con valor medio 13% anual (+50% respecto al promedio de la inflación oficial para el periodo 2005-2009) y desvío 2% (+50% respecto al desvío de la inflación oficial para el periodo 2005-2009). El incremento respecto a la inflación oficial responde a las diferencias sostenidas por índices no oficiales.

Energía	
Crecimiento del costo de la energía (%/anual)	Existe también sin dudas una correlación entre el índice de inflación y la evolución de los precios de la energía, especialmente por la incidencia de la segunda en la medición de la primera. Sin embargo resulta complicado establecer esta relación debido a la diversidad de fuentes de energía y las diferentes regulaciones que controlan sus precios. Por este motivo se optó por un modelo que se considera refleja la situación de los últimos años: los precios de la energía en general (independientemente de su forma) se ajustarán cada dos años por un valor igual al 80% de la inflación acumulada.
GLP YPF ($/kg GLP)	3,25 > +30% respecto al valor del gas envasado en GBA para Nov. 09
Gas Natural ($/$m^3$ gas)	0,77 > Precio de referencia para la subdistribuidora de la región considerada.
Gasoil YPF ($/lt)	3,38 > +30% respecto al valor del gasoil en GBA para Nov. 09
Electricidad ($/KWh)	0,38 > Precio de referencia para la subdistribuidora de la región considerada, uso industrial.
Fertilizantes	
Crecimiento del costo de los fertilizantes (%/anual)	Siguiendo un razonamiento similar al expuesto para la energía (y siendo esta uno de los principales componentes del costo de los fertilizantes), se consideró idéntica a la evolución de precios de la energía.
Precio de referencia (U$/Tn Nutrientes)	Para establecer el precio de referencia se buscó a través de diferentes cámaras un fertilizante cuyas proporciones de nutrientes principales fuesen similares a las del fertilizante obtenido. El fertilizante encontrado es un compuesto NPK 9-4-6, con precio 250U$/Tn. Equivalentemente, se puede decir que el precio es de 1316U$/Tn de nutrientes.
Valor de venta respecto a la referencia de mercado (%)	En función de las características diferenciales del producto (algunas ventajosas, otras negativas), se establece como precio de venta un 60% de la referencia de mercado. Por el grado de incertidumbre de esta variable se le asignó una distribución normal de media 60% y desvío 10%. Con un precio equivalente al 60% de la referencia de mercado, el costo final (flete + fertilizante) por Tn de nutrientes percibido por

	un productor del sudeste de Córdoba sería aproximadamente un 15% más barato que un fertilizante inorgánico. Este margen se establece para evitar acciones de dumping por parte de la competencia, garantizar una buena penetración en el mercado del producto y cubrir posibles costos adicionales asociados al manipuleo del fertilizante.
Bonos CERs	
Crecimiento del precio de los CERs (%/anual)	En función del alto grado de incertidumbre respecto a esta variable se optó por asignarle una distribución normal de media 0% y desvío 20%.
Precio (U$/CERs)	Valor de cierre en Dic. 2009 para algunos mercados de EEUU.
Costo de certificación	A través de contactos con productores y abogados, se percibió que la certificación de la reducción de emisiones podría llegar a ser compleja. Esto se debe a que la magnitud de la reducción es poco significativa a nivel nacional. Por este motivo existen consultores que se dedican a certificar procesos mediante la consolidación de diferentes proyectos. La comisión que cobran por este trabajo suele ser muy elevada (se estableció una distribución normal con media 40% y desvío 10%)

Tabla 3.3 - Definición de variables, valores y distribuciones.

3.2.2. Animales & Excretas

Para dimensionar las entradas lo ideal sería partir de una serie de mediciones realizadas in-situ. Sin embargo, solo fue posible obtener algunos de estos datos.

Por este motivo fue necesario completar los faltantes con datos de la bibliografía disponible. Se sabe que la totalidad de la granja procesa unos 50.000m3 de efluentes al año, que se distribuyen entre las excretas, el agua de lavado y otros. Se puede estimar las primeras conociendo la composición de la piara y las tasas de generación.

Sitio	*Animales*		*Total Excretas (m3/año)*	
Sitio I	1.655	14,82%	1.890	9,89%
Sitio II & III	9.510	85,18%	17.215	90,11%
Totales	11.165	100,00%	19.105	100,00%

Tabla de cálculos 3.1 – Total de excretas generadas

3.2.3. Entradas

Para obtener las entradas del proceso se debe agregar a las excretas el consumo interno de agua. Además, es posible estimar la composición de las excretas a través de las tablas disponibles en diferentes bibliografías. De esta forma se puede conocer la cantidad total de afluente a procesar, su contenido de sólidos volátiles y de nutrientes. Esta información será indispensable para dimensionar las salidas:

Consumo de agua (lavado y otros)		
Sitio	*l/día*	*l/animal.día*
Sitio I	20.000	12,1
Sitio II & III	60.000	6,3

Tabla de cálculos 3.2 – Consumo de agua

Afluente	
Total de afluente (excertas + agua + otros) (Tn/año ≅ m^3/año)	47.905
Sitio I (Tn/año ≅ m^3/año)	9.090
Sitio II & III (Tn/año ≅ m^3/año)	38.815

Nutrientes y Sólidos		
Sitio I		(% p/p)
Sólidos disueltos (Tn/año)	189	**2,08%**
Sólidos volátiles (Tn/año)	133	1,46%
Nutrientes (NPK) (Tn/año)	29,0	0,32%
Sitio II & III		
Sólidos disueltos (Tn/año)	1.722	**4,44%**
Sólidos volátiles (Tn/año)	1.210	3,12%
Nutrientes (NPK) (Tn/año)	264,2	0,68%

Tabla de cálculos 3.3 – Entradas del sistema

3.2.4. Salidas

Las salidas dependerán de la tecnología y métodos aplicados. La selección de la misma se detalla en la sección *[3.2.7 Dimensionamiento]*.

La cantidad de biogás generado puede estimarse utilizando el factor de conversión de sólidos volátiles a biogás. Se considerará la composición y poder calorífico del mismo

como los valores promedio señalados por las diferentes bibliografías.

Se generará además un efluente (una cantidad levemente menor debido a la masa que se extrae como biogás ≅ 2%) que será procesado mediante ósmosis inversa para recuperar los nutrientes. Este proceso generará dos tipos de fertilizantes:

- Un fertilizante A, de alta concentración para su comercialización.
- Un fertilizante B, de baja concentración destinado al consumo interno.

La composición y volumen de cada fracción dependerá de la eficiencia de los equipos seleccionados. Por otro lado, las técnicas de manejo afectarán la cantidad de nutrientes que se recuperarán (se estimó un tasa de recuperación del 70% en función de que los procesos se aplican en forma inmediata).

Por último, se genera una reducción de emisiones debido a la captación del metano generado y el reemplazo de combustibles fósiles para la producción de electricidad y fertilizantes. Para las primeras cantidades es relativamente sencillo estimar la reducción, pero no se consiguió cuantificar la baja asociada a los fertilizantes (a efectos prácticos se considera nula).

Biogás

Composición % CH_4	60,00%
Poder calorífico Biogás (Kcal/m^3 biogás)	5.400
Densidad Biogás (Kg/m^3)	1,20
Rendimiento de biogás (m^3 biogás/Tn SV)	350
Producción de Biogás (m^3 biogás/año)	470.089
Sitio I (m^3 biogás/año)	46.504
Sitio II & III (m^3 biogás/año)	423.585

Fertilizante

Producción de efluente (Tn/año ≅ m^3/año)	47.341
Sitio I (Tn/año)	9.034
Sitio II & III (Tn/año)	38.307
Fracciones	
Recuperación de nutrientes (% de entrada efluente)	70%
Fracción A (% de entrada afluente)	15%
Nutrientes en fracción A (% de entrada afluente)	85%

Sitio I		
Fertilizante Tipo A (Tn/año ≅ m^3/año)	1.355	(% p/p)
N (Tn/año)	7,4	0,95%
P (Tn/año)	4,2	0,53%
K (Tn/año)	5,7	0,73%
Sitio II & III		
Fertilizante Tipo A (Tn/año ≅ m^3/año)	5.746	(% p/p)
N (Tn/año)	67,5	0,95%
P (Tn/año)	37,8	0,53%
K (Tn/año)	51,8	0,73%
Producción Total de Fertilizante		
Fertilizante Tipo A (Tn Nutrientes/año)	7.101	
Fertilizante Tipo B (Tn Nutrientes/año)	40.240	

Reducción de emisiones

Equivalencia Tn CO_2/Tn CH_4	21,00
> Factor de recuperación efectiva	75%
Equivalencia Tn CO_2/KWh	0,00026
Recuperación del metano en el biogás (Tn CO_2/año)	7.108
Reemplazo de GN en gen. electricidad (Tn CO_2/año)	95
Reemplazo de GN en fab. de fertilizantes (Tn CO_2/año)	-
Total (Tn CO_2/año)	7.203

Tabla de cálculos 3.4 – Salidas del sistema

3.2.5. Consumos

Se consideran los consumos que la EMPRESA facilito, con los ajustes y precios señalados en la sección *[3.2.1 Variables]*. Adicionalmente se considera un incremento del 15% del consumo actual de electricidad destinado a los nuevos procesos que se incorporan con la tecnología de digestión (sistema de bombeo, sistema de agitación, compresión del gas, equipos de ósmosis inversa, sistema de riego, etc.).

Estos consumos pueden traducirse en m^3 equivalentes de biogás establecimiento las equivalencias energéticas con otros combustibles (datos disponibles en diferentes bibliografías). Para el caso de la electricidad, la equivalencia es altamente dependiente del tipo de tecnología seleccionada, por lo que los cálculos se efectuaron para los equipos seleccionados en la sección *[3.2.7 Dimensionamiento]*.

Equivalencias

Equivalencia Biogas = GLP YPF (m^3 biogas/kg GLP YPF)	2,03
Equivalencia Biogas = Gas Natural (m^3 biogas/m^3 Gas Natural)	1,54
Equivalencia Biogas = Gasoil YPF (m^3 biogas/lt gasoil YPF)	1,63
Equivalencia Biogas = KWh (m^3 de Biogas/KWh)	0,93

Consumos

Sitio I		
GLP YPF (kg GLP/año)	0	0
Gas Natural (m^3 gas/año)	8.000	12.296
Gasoil YPF (lt/año)	0	0
Electricidad (KWh/año)	36.000	33.323
+ Electricidad (nuevos procesos) (KWh/año)	5.400	4.998
Sitio II & III		
GLP YPF (kg GLP/año)	0	0
Gas Natural (m^3 gas/año)	50.000	76.852
Gasoil YPF (lt/año)	3.500	5.704
Electricidad (KWh/año)	330.000	305.460
+ Electricidad (nuevos procesos) (KWh/año)	49.500	45.819

Tabla de cálculos 3.5 – Consumos de energía

3.2.6. Uso del biogás

Una vez determinada la producción de biogás es necesario asignarle un uso. El biogás debería asignarse a las formas de energía que generen los mayores ingresos/ahorros con el fin de maximizar los ingresos. Por este motivo, las prioridades de asignación fueron las siguientes: 1) GLP, 2) Gasoil, 3) Gas Natural, 4) Electricidad.

Como se explicará más adelante, no se contempla la posibilidad de comercializar los excedentes de energía (para la tecnología seleccionada son poco significativos y las posibilidades de venta escasa) por lo que el biogás sobrante será quemado a fin de reducir emisiones. En el caso de que hubiera faltantes, estos deberán cubrirse con las formas de energía actualmente utilizadas (no hay ahorro). Según estos criterios, el biogás generado se asignaría de la siguiente forma:

Uso del biogás

Sitio I	
GLP YPF (m^3 biogás/año)	0
Gas Natural (m^3 biogás/año)	12.296
Gasoil YPF (m^3 biogás/año)	0
Electricidad (m^3 biogás/año)	34.208
(+) Exedente ; (-) Faltante (m3 biogás/año)	-4.114
Sitio II & III	
GLP YPF (m^3 GLP/año)	0
Gas Natural (m^3 gas/año)	76.852
Gasoil YPF (lt/año)	5.704
Electricidad (KWh/año)	341.029
(+) Exedente ; (-) Faltante (m^3 biogás/año)	-10.250

Tabla de cálculos 3.6 – Uso del biogás

3.2.7. Dimensionamiento

Nota: Previo al dimensionamiento, se justificará la selección de la tecnología y se describirán los aspectos más destacados de la misma. Por otro lado, se dimensionarán únicamente los principales equipos del sistema puesto que solo se trata de un análisis de prefactilidad. El diseño en detalle de los equipos de soporte (lay-out, cañerías, cableado, etc). excede el alcance de este proyecto.

Biodigestores

Para el caso de los digestores se optó por la alternativa de la laguna con cubierta flexible (Ver *Figura 3.2)*. Esta tecnología presenta las siguientes ventajas respecto al caso de estudio:

- Es apta para el nivel de sólidos contenidos en los efluentes y las temperaturas de operación (clima templado, 9°C promedio en invierno y 23°C en verano)
- Desde el punto de vista financiero, es la alternativa que requiere las menores inversiones por m^3 de biogás generado. Se trata de inversiones modulares, fácilmente ampliables si fuera requerido. Esto reduce riesgos desde el punto de vista financiero y también operativo.
- Tanto su instalación como su operación es sencilla, lo que reduce los requerimientos de mano de obra calificada (que como se señaló anteriormente, es muy escasa en la zona)

- Su funcionamiento ya ha sido probado por varios productores en Brasil y por Cabañas Argentinas del Sol en Buenos Aires, por lo que existe experiencia previa en su manejo.

- Si bien los rendimientos son bajos, son lo suficientemente altos como para prácticamente garantizar el auto-abastecimiento de energía por parte de la granja. Por otro lado, siendo que no se identifican otros usos potenciales para los excedentes (como la venta a redes de distribución o plantas vecinas), resulta innecesario efectuar inversiones adicionales que mejoren la eficiencia si no se puede comercializar el excedente.

- Si bien el proveedor considerado es brasilero, los materiales utilizados pueden obtenerse fácilmente en el mercado local.

Para este tipo de tecnología cada solución se desarrolla a la medida del establecimiento. A efectos prácticos se consiguieron los costos para digestores con capacidad para almacenar 350, 500, 750 y 1500 m^3 de biogás respectivamente, por lo que se considerarán estas opciones como posibles. Los equipos seleccionados presentan las siguientes características:

Tipo	Laguna cubierta con manta de PVC flexible			
Fabricante	Sansuy – Br >>> http://www.sansuy.com.br/			
Sól. Totales deseados (% p/p)	2-8%			
Temp. deseada de operación (°C)	10-35°C; Climas cálidos y templados			
Sistema de mezclado	Agitación por recirculado con bomba estercolera			
Sistema de Calefacción	Ninguno			
Nivel de tecnología	Bajo			
Capacidad (m3 biogás)	1.500	750	500	350
Precio(U$)	35.380	18.790	12.830	9.200

TRH sugeridos para climas templados y efluentes porcinos	
Sólidos disueltos (% p/p)	*TRH (días)*
2%	25
8%	40

Tabla 3.4 - Características de los biodigestores

Para el dimensionamiento de la laguna se estimó en forma el lineal el TRH sugerido y se multiplicó por la carga diaria de efluentes. En el caso del biogás se consideró

prudente utilizar una capacidad de almacenamiento de tres días de consumo medio como para cubrir las posibles variaciones en el consumo y eficiencia de la reacción. De esta forma se calcularon los siguientes requerimientos.

Figura 3.2 - Biodigestores Sansuy

Biodigestores Sitio I

Parámetros de operación	
Total de afluente (excertas + agua + otros) (Tn/día ≅ m^3/día)	25
Sólidos disueltos (% p/p)	2,08%
Consumo promedio (m^3 biogás/día)	129
TRH (días)	25
Requerimientos	
Almacenamiento de efluentes (m^3)	636
Almacenamiento de biogás (3 días de consumo) (m^3)	388
Equipos a instalar x 350 m^3	1

Biodigestores Sitio II & III

Parámetros de operación	
Total de afluente (excertas + agua + otros) (Tn/día ≅ m^3/día)	108
Sólidos disueltos (% p/p)	4,44%
Consumo promedio (m^3 biogás/día)	1.177
TRH (días)	31
Requerimientos	
Almacenamiento de efluentes (m^3)	3.352

Almacenamiento de biogás (3 días de consumo) (m^3)	3.530
Equipos a instalar x 1,500 m^3	2
x 500 m^3	1

Tabla de cálculos 3.7 – Dimensionamiento de los digestores

Generadores

Para el caso de los generadores se optó por grupos electrógenos de funcionamiento a GN o GLP, siguiendo con un criterio de selección coherente con lo anteriormente señalado:

- Los equipos pueden adaptarse sin inversiones adicionales para quemar biogás, por lo que son aptos para el proyecto.
- Nuevamente se trata de una inversión escalable, con la consecuente reducción de los riesgos financieros y de operación.
- Tanto su instalación como su operación es sencilla.
- Su uso está extendido a gran cantidad de situaciones, por lo que sus performances sin ampliamente conocidas.
- Si bien los rendimientos son bajos, son lo suficientemente altos como para prácticamente garantizar el auto-abastecimiento. Adicionalmente, esto podría mejorarse incorporando sistemas de recuperación de calor (aunque para el caso analizado las inversiones no se justifican ya que no existe la posibilidad de comercializar excedentes)
- Si bien el proveedor considerado es estadounidense, tanto los equipos como sus repuestos son universales por lo que podrían conseguirse fácilmente en el mercado local.

Del total de modelos ofrecidos por el proveedor, se eliminaron aquellos que ofrecían una relación de consumo (m^3/Kwh) y costo (U$/KW) desproporcionada, llegando a la siguiente preselección:

Proveedor	Briggs& Stratton http://www.homegeneratorsystems.com/			
Modelo	40224	40243	40234	40304
Potencia Max Neta (KW)	6,0	8,5	14,0	18,0
Potencia Pico Neta (KW)	9,0	10,7	17,5	25,0
Motor	B&S	B&S	B&S	B&S
Serie	Intek	Vanguard	Vanguard	Vanguard
Cilindrada (cm3)	504	570	895	993
Cilindros	1	V-Twin	2	V-Twin
Operación	Automática	Automática	Automática	Automática
Voltage @ GN (V)	110/220	110/220	110/220	110/220
Amperage @ GN (A)	29,1/58,2	41,7/83,3	62,5/125	150/75
Combustible	GLP / GN	GLP / GN	GLP / GN	GN
Consumo @ GN, 1/2 carga (m3/hr)	2,3	2,4	3,9	4,9
Nivel de ruido @ 7mts	81 dB	72 dB	65 dB	68 dB
Dimensions L x A x H (cm)	80-77-86	80-77-86	124-86-80	127-86-80
Peso (Kg)	127	195	240	258
Costo (U$)	2.940	4.200	5.300	6.650

Tabla 3.5 - Características de los generadores

Figura 3.3 - Grupo electrógeno B&S

Para el dimensionamiento de los equipos se calculó el consumo horario promedio (considerando 16hrs de operación por día) y los requerimientos ante picos de demanda (hasta 2 veces el consumo medio horario). Se utilizo este requisito de potencia para dimensionar los equipos, obteniéndose los siguientes resultados:

Generador Sitio I	
Parámetros de operación	
Anual (KWh/año)	36.956
Consumo Eléctrico - Media Horaria @ 16hrs de op. (KWh/h)	6,42
Pico Horaria (KWh/h)	12,83
Requerimientos	
Potencia Max requerida (KW)	6,42
Potencia Pico requerida (KW)	12,83
Equipos a instalar x 40243	1

Generador Sitio II & III	
Parámetros de operación	
Anual (KWh/año)	368.426
Consumo Eléctrico - Media Horaria @ 16hrs de op. (KWh/h)	63,96
Pico Horaria (KWh/h)	127,93
Requerimientos	
Potencia Max requerida (KW)	63,96
Potencia Pico requerida (KW)	127,93
Equipos a instalar x 40304	7

Tabla de cálculos 3.8 – Dimensionamiento de los generadores

Equipos de ósmosis inversa

El caso de la de separación de fases, además de ajustarse a los requerimientos internos de la granja, los equipos deben ajustarse a los de los clientes externos maximizando el valor del fertilizante.

Con esta premisa en mente se relevaron las diferentes alternativas y se entendió que era necesario combinar un sistema de filtración macro y micro (el primero con el objetivo de facilitar el trabajo del segundo y evitar su obstrucción). Analizaremos únicamente el sistema de micro filtración que por su complejidad es el más relevante. Para el de macro

filtración bastará un sistema de tamices bien diseñado.

De las tecnologías disponibles (microfitración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa) se consideró que la mejor alternativa era la de ósmosis inversa debido a las bajas eficiencias de los otros equipos en cuanto a la retención de los nutrientes contenidos en el efluente. Por ejemplo, los equipos de ultrafiltración solo recuperan un 18% del nitrógeno total, mientras que con equipos de ósmosis inversa puede separarse más del 85% en la fracción concentrada. La operación y mantenimiento de estos equipos es un poco más compleja pero la mejora en el producto final justifica este esfuerzo adicional.

Los equipos del proveedor considerado presentan las siguientes características:

Porveedor	Pure Aqua http://www.pure-aqua.com/					
Modelo	RO-4500	RO-6000	RO-7500	RO-9000	RO-12000	RO-15000
Capacidad (m^3/día)	17,06	22,74	28,43	34,11	45,48	56,85
Fracción A	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Recup. de nutrientes	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Potencia bomba (KW)	0,7	1,1	1,5	1,5	2,2	2,2
Dimensions L x A x H (cm)	58-69-137	58-81-137	58-81-137	58-81-137	86-81-152	86-81-152
Peso (Kg)	86	100	114	127	173	204
Costo (U$)	8.000	10.400	11.900	13.400	16.100	19.500

Tabla 3.6 - Características de los equipos

Figura 3.4 - Equipo de Ósmosis Inversa Aqua Pura

Para el dimensionamiento de los equipos se calculó la cantidad de efluente diaria a procesar y se consideró una capacidad de almacenamiento de fertilizante concentrado equivalente a 30 días de producción en lagunas aeróbicas (idealmente deberán permanecer en ellas mucho menos tiempo para reducir la pérdida de nutrientes y precipitación de los mismos).

Equipo de Filtración Sitio I	
Parámetros de operación	
Efluente a procesar - Anual (Tn/año ≅ m^3/año)	9.034
Media Diaria (m^3/día)	25
Requerimientos	
Equipos a instalar x RO-6000	1
Equipo de Filtración Sitio II & III	
Parámetros de operación	
Efluente a procesar - Anual (Tn/año ≅ m^3/año)	38.307
Media Diaria (m^3/día)	106
Requerimientos	
Equipos a instalar x RO-15000	1
x RO-12000	1

Tabla de cálculos 3.9 – Dimensionamiento de los equipos de ósmosis inversa

3.2.8. Inversiones requeridas

El punto de partida para determinar el monto de las inversiones requeridas son los equipos a instalar determinados en el dimensionamiento. La instalación de estos equipos implicará inversiones adicionales debido a los siguientes rubros (según la disponibilidad de datos, los montos de estas inversiones fueron calculados a través de sus precios o como porcentajes de la inversión principal en equipos):

- Biodigestores
  - Equipos biodigestores a instalar.
  - Fosa de almacenaje: Movimiento de suelos; Aporte de materiales; Compactación.
  - Equipo adicional: Pre-cámara; Bombas estercoleras; Canales y cañerías;

Agitadores; Válvulas de seguridad; Quemadores de excedentes.

- Instalación: Diseño de los digestores; Mano de Obra; Materiales y equipos auxiliares.

- Generadores e Instalaciones para la quema de combustible
  - Equipos generadores a instalar.
  - Adaptación de las instalaciones para quema de gas.
  - Equipo adicional: Trafos; Conexión a la red; Equipo de monitoreo, seguridad y protección.
  - Instalación: Diseño y dimensionamiento; Mano de Obra; Materiales y equipos auxiliares.
- Equipos de Osmosis Inversa y uso del fertilizante.
  - Equipos de ósmosis inversa a instalar.
  - Fosa de almacenamiento para 30 días de producción.
  - Equipo adicional: Equipo de filtrado previo; Equipos de bombeo; (Equipos para llenado de barriles y camiones; Sistema de riego).
  - Instalación: Diseño y dimensionamiento; Mano de Obra; Materiales y equipos auxiliar.
- Otros
  - Estudio de Factibilidad (Consultoría; Estudios de suelos y de laboratorio).
  - Imprevistos.
  - IVA Inversión.

Considerando todos estos rubros la inversión total al inicio del proyecto será de:

Rubro	**nov-09**
Biodigestores	$ 490.590
Generadores	$ 279.054
Equipos de osmosis inversa	$ 207.807
Otros	

Estudio de Factibilidad	$ 15.000	
Imprevistos	$ 50.000	
IVA Inversión	$ 218.915	
TOTAL GENERAL	$ 1.261.366	U$ 327.627

Tabla de cálculos 3.10 – Inversiones requeridas

3.2.9. Estado de resultados

Los estados de resultados fueron proyectados en Arg$ y convertidos a U$ para efectuar las evaluaciones de rentabilidad. Esto se debe a que la proyección resulta más sencilla en pesos, pero a la EMPRESA le interesa medir la misma en dólares. De todas formas, el estado de resultados se presenta tanto en pesos como en dólares. El mismo se compone de los siguientes rubros, estimados según se detalla a continuación:

- Ingresos
  - Ahorro energético: Se calcula estimando la diferencia del consumo de energía (en sus diferentes formas) considerando la aplicación del proyecto y la situación actual.
  - Venta Fertilizantes: Se considera únicamente la comercialización del fertilizante concentrado, asignando valor nulo al diluido de consumo interno (puesto que la fertilización mediante el uso de efluentes se está aplicando actualmente). El monto de las ventas se calcula multiplicando la cantidad de nutrientes contenida en el fertilizante por el precio equivalente proyectado para una Tn de nutrientes.
  - Venta CERs: Se calcula multiplicando la estimación de reducción anual de emisiones por el precio del CER.
- Costos
  - Mantenimiento de equipos: Si bien el mantenimiento de equipos varía según la naturaleza del mismo, se optó por utilizar una tasa común a todos ellos. Esta tasa evoluciona de un 6% a un 10% anual sobre el total de inversiones considerando el deterioro en el tiempo de las mismas. Esta tasa de mantenimiento incluye el reemplazo de los insumos necesarios para su operación que las mismas, un monitoreo mensual y control anual, los repuestos y reparaciones.
  - Personal adicional: Se estima que el personal adicional requerido será de un operario para el Sitio I y de dos operarios para el Sitio II&III. Serán sus tareas monitorear el sistema desde el ingreso de los efluentes hasta su

comercialización. Es importante remarcar, que parte de las tareas asociadas al nuevo proyecto serán cubiertas por el personal actual de la EMPRESA que actualmente se dedica a ellas.

- Costo de Certificación CERs: Definido según fuera señalado en la sección *[3.2.1 Variables]*

- Costo de Comercialización de fertilizantes: Se asigna un vendedor dedicado exclusivamente a la comercialización del fertilizante y un porcentaje variable entre 5-3% de las ventas para cubrir acciones promocionales.

- Varios: Otros gastos no considerados anteriormente, imprevistos (2% sobre el total de ingresos)

➔ Utilidad bruta

- Amortizaciones, Impuestos y Tasas

  - Amortización de inversiones: Se considera un periodo de amortización de 10 años, coincidente con la vida útil de los principales equipos.

  - Ingresos brutos: Tasa del 3,5% aplicable únicamente a los ingresos por venta de fertilizantes.

  - IVA: Resultado del flujo de IVA.

- Intereses: Si bien la EMPRESA cuenta con capital propio como para cubrir las inversiones requeridas por el proyecto, manifestó su intención de financiar parte del mismo mediante deuda aprovechando los planes especiales que se ofrecen para este tipo de iniciativas. Se establece por lo tanto una financiación del 30% (o hasta 300.000$) a pagar en 5 años según el método francés con una tasa del 15% en dólares.

➔ Utilidad antes IG

- Impuesto a las ganancias: Tasa del 35%

➔ Utilidad neta

Siguiendo estas consideraciones y para el escenario de base, el estado de resultados para el primer año presentarían los siguientes valores:

Ingresos	**2010**	**2010**
Ahorro energético Total	$ 190.481	U$ 49.476
Venta Fertilizantes	$ 530.288	U$ 137.737
Venta CERs	$ 208.900	U$ 54.260
	$ 929.669	U$ 241.472
Costos		
Mantenimiento de equipos	-$ 85.521	-U$ 22.213
Personal adicional	-$ 203.400	-U$ 52.831
Costo de Certificación CERs	-$ 83.560	-U$ 21.704
Costo de Comercialización de fertilizantes	-$ 32.164	-U$ 8.354
Varios	-$ 21.011	-U$ 5.457
	-$ 425.655	-U$ 110.560
Utilidad bruta	$ 504.013	U$ 130.913
Amortizaciones, Impuestos y Tasas		
Amortización de inversiones	-$ 104.245	-U$ 27.077
Ingresos brutos	-$ 18.560	-U$ 4.821
IVA	$ 0	U$ 0
	-$ 122.805	-U$ 31.897
Intereses	-$ 45.000	-U$ 11.688
Utilidad antes IG	$ 336.208	U$ 87.327
Impuesto a las ganancias	-$ 117.673	-U$ 30.564
Utilidad neta	$ 218.535	U$ 56.762

Tabla de cálculos 3.11 – Estado de resultados para el primer año.

3.2.10. Flujo de fondos

Con el ER, el flujo de deuda y amortizaciones es posible construir los flujos de fondos para el prestamista, el inversor (la EMPRESA) y el proyecto. El flujo de fondos del prestamista estará compuesto por los aportes de capital (-), el pago de amortizaciones de deuda (+) y el pago intereses (+). El flujo del inversor estará constituido por los aportes de Capital (-), la utilidad neta (+), el pago de amortizaciones de deuda (-) y el flujo asociado a la amortización de inversiones (+). El flujo del proyecto se calcula como la suma de los dos flujos anteriores.

Se consideraron las siguientes tasas de descuento para cada uno de los flujos de fondos:

- FF Prestamista (ι): La tasa coincide con la de interés, siendo igual al 15% anual en dólares.

- FF Inversor (τ): De las conversaciones con el productor se determina que el mismo desea tener una rentabilidad de al menos 20% anual en dólares.

- FF del proyecto: Se calcula el costo ponderado del capital resultante de una estructura de capital con 30% de financiación por deuda y 70% de financiación propia.

  ➔ $WAAC = w_{Deuda} . \iota . (1-IG) + w_{PN} . \tau = 0,3 . 0,15 . (1-0,65) + 0,7 . 0,2 = 0,19$

De esta forma, para el escenario base se obtiene los siguientes resultados que se analizarán en detalle en la siguiente sección:

15%	TIR Prest.	
U$ 0	VAN Prest.	15%
35%	TIR Inversor	
U$ 166.236	VAN Inversor	20%
32%	TIR Proyecto	
U$ 185.349	VAN Proyecto	19%

Tabla de cálculos 3.12 – Rentabilidad del proyecto

3.3. Análisis de rentabilidad y riesgos

3.3.1. Rentabilidad del proyecto

Así como las variables de entrada del modelo presentan variabilidad, las variables de salida también son variables. A través de la herramienta Crystal Ball de Oracle, se estableció la variabilidad de la rentabilidad del proyecto a fin de evaluar los riesgos del mismo. Los supuestos de las distribuciones de las variables de entrada fueron señalados anteriormente. Los resultados obtenidos se presentan en la *Figura 3.5* (N=10.000 corridas)

Estos resultados nos permiten afirmar que, más allá de la variabilidad de las variables, dentro de un escenario de continuidad del contexto actual y bajo los supuestos señalados, las probabilidades de que el proyecto sea rentable son muy buenas. Las probabilidad de que el VAN del proyecto no sea mayor a 0 es de solo 1,97%. En el caso del VAN del inversor este valor es levemente superior, con un 2,30%, que sigue siendo

un valor muy bajo.

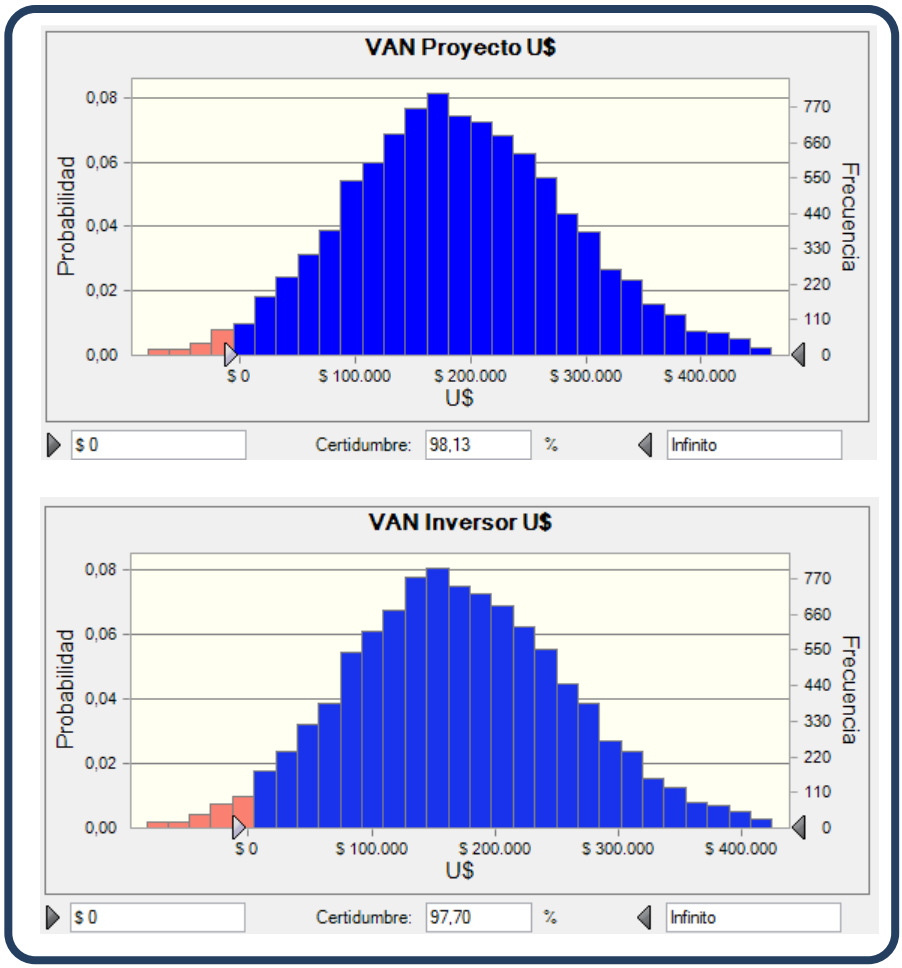


Figura 3.5 - Resultados de la simulación

Para evaluar el impacto de las variables de entrada sobre las de salida se construyó un gráfico tornado como el que se muestra en la *Figura 3.6*. El mismo muestra la máxima variación de la variable de salida cuando las variables de entrada se mueven dentro del rango 95% más probable.

La variable con mayor impacto es el precio de los fertilizantes. Esto se debe a que los ingresos por venta de fertilizantes constituyen cerca del 60% de los ingresos. En segundo lugar se ubica la variación en la cantidad de cabezas. Esta variable impacta tanto sobre la magnitud de las inversiones requeridas como en la cantidad de entradas y salidas, por lo que resulta fácil predecir su importancia. El resto de las variables tienen un impacto menor que se justifica por la menor variabilidad asignada a las mismas (hay un mejor conocimiento de estas variables) o una menor relevancia sobre los resultados (como el caso de las ventas de CERs).

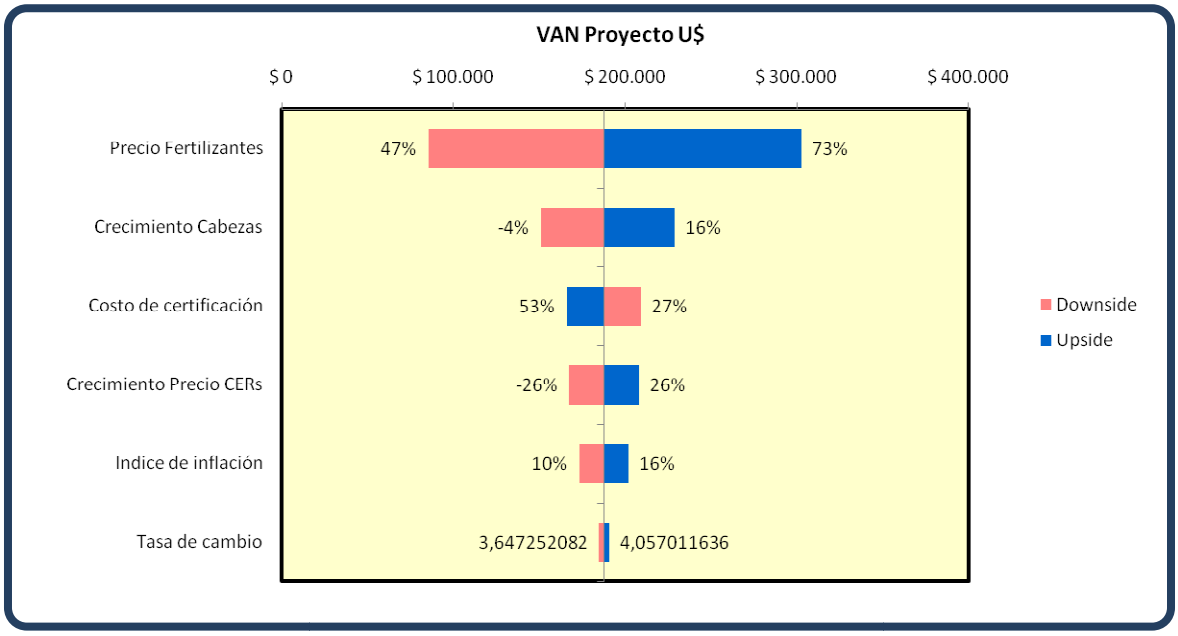


Figura 3.6 - Gráfico Tornado

3.3.2. Escenarios

El objetivo de esta sección es evaluar situaciones que escapan al escenario base y representan la incertidumbre respecto a ciertas variables. Se plantean diferentes escenarios donde las variables se mueven fuera de los rangos de probabilidad asignados en el escenario base. Las variables analizadas fueron el crecimiento de las cabezas, el valor del fertilizante, el costo de la energía, el costo de certificación de reducción de emisiones y la tasa de cambio. Los resultados se presentan a continuación:

Escenario Base	*Valor*
Crecimiento de la cantidad de cabezas (%)	0%
Valor de venta fertilizante (% respecto al mercado)	60%
Crecimiento del costo de la energía (%/bianual)	22%
Costo de certificación para bonos CERs	40%
Tasa de cambio ($/U$)	3,85

Tabla 3.7 - Valores para el escenario base

		Inversor		*Proyecto*	
Variable	*Valor*	*TIR*	*VAN*	*TIR*	*VAN*
Crecimiento de la cantidad de cabezas (%)	25%	37%	$ 240.317	33%	$ 266.638
	10%	35%	$ 184.574	32%	$ 205.750
	0%	**35%**	**$ 166.236**	**32%**	**$ 185.349**
	-10%	29%	$ 90.160	27%	$ 102.600
	-25%	18%	-$ 14.339	17%	-$ 10.904
Valor de venta fertilizante (% respecto al mercado)	90%	53%	$ 401.279	47%	$ 435.067
	60%	**35%**	**$ 166.236**	**32%**	**$ 185.349**
	30%	13%	-$ 66.186	13%	-$ 61.612
	0%	X	-$ 310.084	X	-$ 321.096
Crecimiento del costo de la energía (%/bianual)	45%	39%	$ 239.150	36%	$ 264.192
	30%	36%	$ 192.173	33%	$ 214.219
	22%	**35%**	**$ 166.236**	**32%**	**$ 185.349**
	0%	30%	$ 95.105	27%	$ 107.939
	-15%	26%	$ 49.100	24%	$ 58.021
Costo de certificación para bonos CERs	100%	28%	$ 86.146	26%	$ 101.166
	60%	32%	$ 135.456	30%	$ 152.889
	40%	**35%**	**$ 166.236**	**32%**	**$ 185.349**
	20%	38%	$ 197.016	34%	$ 217.808
Tasa de cambio ($/U$)	6,00	32%	$ 135.730	31%	$ 163.803
	5,00	33%	$ 150.355	32%	$ 175.494
	3,85	**35%**	**$ 166.236**	**32%**	**$ 185.349**
	3,00	36%	$ 176.684	31%	$ 187.695
	2,00	34%	$ 169.204	29%	$ 170.942

Tabla de cálculos 3.13 – Análisis de escenarios

Se puede observar nuevamente que el proyecto es bastante robusto en el sentido de que la mayoría de las variables no tiene un impacto determinante sobre el proyecto en forma asilada. La única variable con alto impacto es nuevamente el precio del fertilizante debido a su importancia relativa en los ingresos del proyecto. Por otro lado, la cantidad de cabezas también tiene un impacto significativo, especialmente en el caso de una reducción de cabezas significativa, donde la inversión inicial y los costos fijos no llegarían a ser cubiertos debido a la reducción de ingresos.

La *Figura 3.7* sintetiza los datos más relevantes del proyecto.

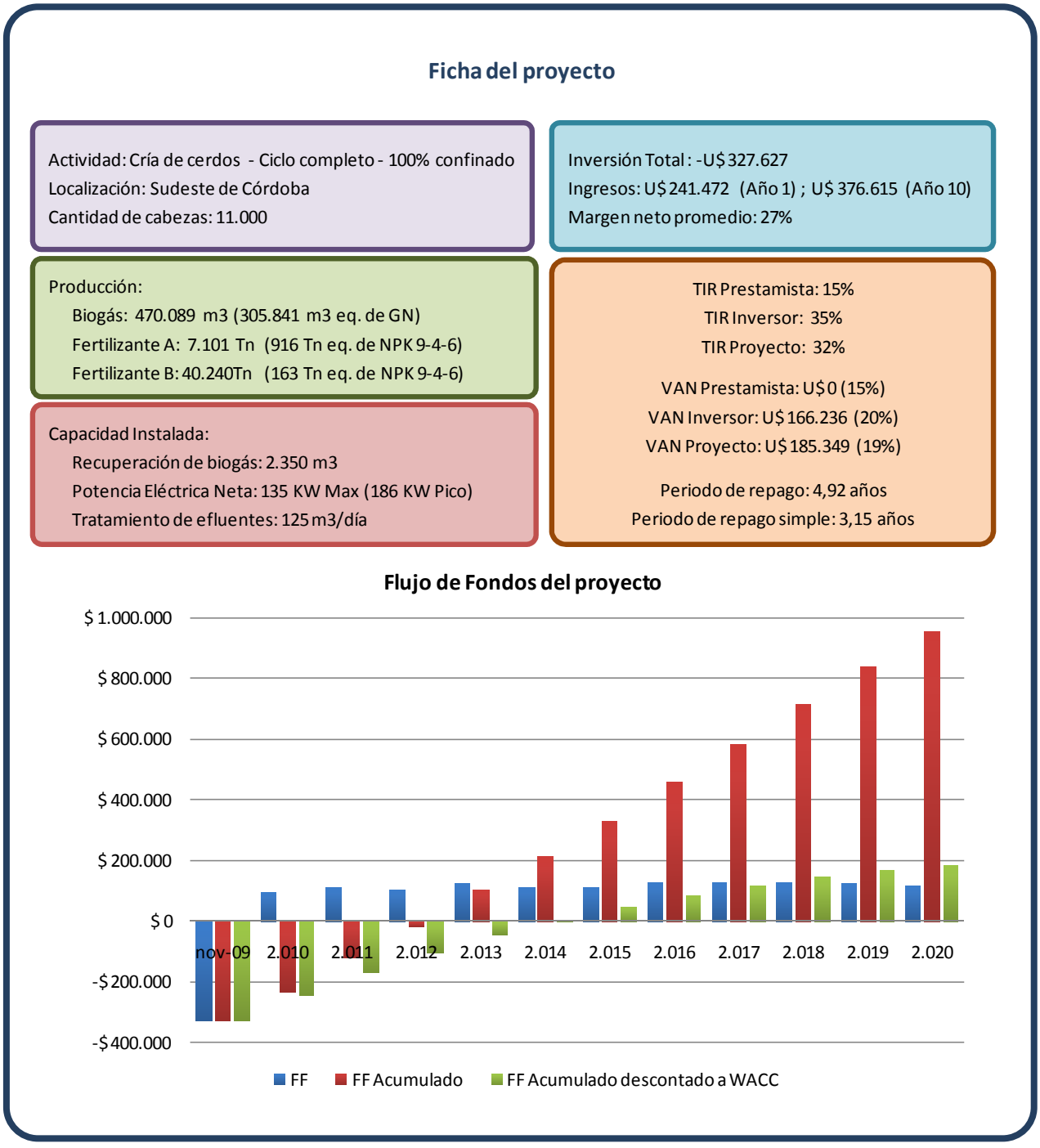


Figura 3.7 - Ficha del proyecto

4. CONCLUSIONES

Existe una amplia diversidad dentro de los productores primarios de cerdos en Argentina, incluso considerando únicamente las granjas de cría intensiva. Estas diferencias se manifiestan en la escala de los establecimientos, la organización de las unidades productivas, las instalaciones utilizadas, los procesos aplicados, los consumos de energía, etc.

Sin embargo, dentro de este contexto de diversidad que presenta el sector, es posible identificar condiciones comunes a la mayoría de las granjas que permiten predecir una expansión de la tecnología de digestión anaeróbica para recuperar biogás y fertilizantes. Entre estas condiciones se destacan:

- Perspectivas de crecimiento para el sector primario, tanto a mediano como a largo plazo (basadas en las posibilidades de expandir el mercado interno y externo, y en las condiciones favorables como país productor de granos)

- Tendencia a la intensificación de la producción con el objetivo de mejorar la productividad. Esto cambios implican mayores consumos de energía *in-situ* (posibilita un mayor ahorro por el reemplazo de combustibles).

- Excelentes posibilidades de comercializar los fertilizantes generados debido a la expansión del mercado

- Concentración geográfica en zonas de climas templados, lo que permite la aplicación de diversas tecnologías. La relativamente baja dispersión contribuye a formar polos de desarrollo.

Adicionalmente se debe mencionar el insipiente desarrollo y crecimiento de las redes de apoyo que pueden aportar asesoramiento y recursos para la implementación de este tipo de proyectos. En esta línea se debe mencionar la aplicación exitosa de un sistema de recuperación de biogás por parte de un productor bonaerense, que fija un importante antecedente.

Existen sin embargo, desafíos que el sector deberá sortear para garantizar este desarrollo, entre ellos:

- Terminar de definir la reglamentación de la normativa vinculada al biogás para dar un contexto de mayor previsibilidad a inversores.

- Establecer mecanismos de control que garanticen el respeto del medio ambiente y fuercen a los establecimientos a efectuar las inversiones necesarias para mejorar su gestión ambiental.

- Desarrollar programas de financiación especial que sean fácilmente accesibles para los interesados.

- Desarrollar mecanismos que garanticen una buena comercialización de todos los subproductos.

- Trabajar en la sencillez, robustez y eficiencia de los sistemas en función de la baja disponibilidad de mano de obra calificada y de fuentes de financiación, a fin de garantizar su correcta operación y rentabilidad.

Cada solución debe analizarse en detalle, estudiando las particularidades del caso. De esta forma, aplicada de diferentes formas y en distintos niveles, la tecnología de digestión anaeróbica puede convertirse en una herramienta rentable para mejorar la gestión comercial y ambiental de la granja. Es además una inversión que, si bien es significativa, se encuentra al alcance de la mayoría de los productores. El caso de estudio analizado, el productor Cabañas Argentinas del Sol y muchos proyectos bajo análisis así lo demuestran.

ANEXOS

ANEXO I - Historia

Primeras investigaciones

El hombre ha quemado residuos animales para generar calor durante milenios. Incluso, en algunas sociedades tradicionales todavía se utiliza para cocinar y como combustible para calefacción.

Sin embargo, el primer registro del interés científico por los gases producidos en la descomposición natural de materia orgánica data del siglo XVII, cuando Robert Boyle y Stephen Hale observaron que un gas inflamable se obtenía al perturbar el sedimento de ríos y lagos. En 1808, Sir Humphry Davy determinó que el metano estaba presente en los gases producidos por el estiércol del ganado.

Primeros Digestores

El primer digestor anaeróbico fue construido por una colonia de leprosos en Bombay, India en 1859. En 1895 se desarrolló la tecnología en Exeter, Inglaterra, donde un tanque séptico se utilizó para generar gas para el alumbrado público. En 1904 en Hampton, también en Inglaterra, se instaló el primer tanque de doble uso para la sedimentación y tratamiento de lodos. En 1907, en Alemania, fue patentado el tanque Imhoff, una forma primitiva de digestor.

Desarrollo científico

En la década de 1930 la investigación científica de la digestión anaeróbica ganó reconocimiento académico. Esta investigación permitió el descubrimiento de las bacterias anaeróbicas, los microorganismos que facilitan el proceso. Este trabajo se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial, cuando en Alemania y Francia se produjo un aumento en la aplicación de la digestión anaeróbica para el tratamiento de estiércol.

Expansión de la Tecnología en Europa y Asia

En todo el mundo se difundieron los denominados tanques Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se lo utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y, en algunas ciudades, se lo llegó a inyectar en la red comunal de gas.

Además, se intensificó la difusión de los biodigestores a nivel rural, tanto en Europa como en China e India que se transforman en líderes en la materia.

Expansión en EEUU

Esta difusión se vio debilitada por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década de 1970 se reinició con gran ímpetu la investigación e implementación en todo el mundo, incluyendo Latinoamérica.

En esta época, en EE.UU. se construyeron sistemas de biogás en numerosos establecimientos agrícola-ganaderos. Algunas instalaciones tuvieron mejores resultados que otras. Las operaciones más exitosas se basaron en el correcto diseño e instalación de sistemas, y la experiencia técnica de los propietarios y operarios.

Profundización de la Investigación e Implementación de la Tecnología

Gracias al nuevo material de laboratorio, que permitió el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas, durante estos años se han producido grandes descubrimientos sobre el funcionamiento microbiológico y bioquímico del proceso. Estos progresos en la comprensión del proceso fueron acompañados por importantes logros de la investigación aplicada, obteniéndose grandes avances en el campo tecnológico.

Actualmente, los países generadores de tecnología más importantes son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU., Filipinas y Alemania.

ANEXO II - Aplicaciones

Plantas de tratamiento de desechos industriales

Tecnología Estos reactores anaeróbicos son de gran capacidad (más de 1.000 m^3), operan a temperaturas mesofílicas (20°C-40°C) o termofílicas (>40°C) y poseen sofisticados sistemas de control. Están generalmente conectados a equipos de cogeneración, brindando: calor, electricidad y un efluente sólido de alto contenido proteico (puede usarse como fertilizante o alimento de animales).

Objetivos 1) Estabilización efluentes; 2) Generación de Energía

Desarrollo Han tenido una importante evolución en los últimos años, superado una primera etapa a nivel piloto. En Europa y China se encuentran siendo difundidos para determinados fines, en combinación con tratamientos aeróbicos convencionales. En Latinoamérica, en Brasil y Colombia se encuentran utilizando sistemas europeos bajo licencia. En Argentina se ha desarrollado tecnología propia para el tratamiento de vinazas. Los continuos avances en materia de costos y confiabilidad hacen suponer un amplio campo de desarrollo en el futuro.

Aplicaciones rurales a baja escala

Tecnología La tecnología desarrollada busca lograr digestores de mínimo costo y mantenimiento, fáciles de operar pero con eficiencias pobres y bajos niveles de producción. Se encuentra orientada a los agricultores de zonas marginales o productores medios en países con sectores rurales de muy bajos ingresos y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

Objetivos 1) Generación de Energía; 2) Higiene y sanidad; 3) Producción de bio-fertilizantes

Desarrollo Se encuentran hoy día en continua difusión. Gracias a importantes planes gubernamentales que impulsaron y apoyaron su empleo (asistencia técnica y financiera), los reactores sencillos han tenido una amplia aceptación en China, India, Filipinas y Brasil. En el resto de los países del mundo la difusión alcanzada por este tipo de digestores no ha sido significativa.

Aplicaciones rurales de gran escala

Tecnología Se utilizan digestores de mayor eficiencia, que requieren mayores inversiones y sistemas que hacen más complejo su manejo y mantenimiento. Esta tecnología está dirigida al sector agrícola y agroindustrial de ingresos medios y altos.

Objetivos 1) Generación de Energía; 2) Reducción de graves problemas de contaminación; 3) Generación de bio-fertilizantes.

Desarrollo Este tipo de digestores también se encuentran en continua difusión. La mayoría está instalada en Europa y EE.UU. En el resto del mundo no han superado la etapa de unidades demostrativas o emprendimientos particulares aislados.

Tratamiento de líquidos cloacales

Tecnología Utiliza equipos de gran capacidad y elevada tecnología. Su incorporación obliga a una estricta regulación en cuanto a tipo de productos que se vierten en los sistemas cloacales urbanos (aspecto que ha generado graves problemas de funcionamiento en algunos países)

Objetivos 1) Higiene y Protección ambiental; 2) Generación de Energía

Desarrollo Es una técnica muy difundida en todo el mundo desde hace más de 40 años. En Europa en 1975, el gas generado por esta técnica alcanzaba un total de casi 240 millones de m^3 anuales de biogás. Recientes progresos en equipos de cogeneración han permitido una utilización más eficiente del gas generado y los continuos avances en las técnicas de fermentación aseguran un sostenido desarrollo en este campo.

Tratamiento de gases en Rellenos Sanitarios

Tecnología El relleno sanitario es una práctica muy difundida en el mundo para eliminar los desperdicios generados en las grandes ciudades. Su evolución ha llevado a la utilización de modernas técnicas de extracción y purificación del gas metano generado (el cual de otra forma genera graves problemas ambientales, entre otros)

Objetivos 1) Higiene y Protección ambiental; 2) Generación de Energía

Desarrollo El avance de esta técnica ha permitido que importantes ciudades del mundo (como el caso de Santiago de Chile) incluyan un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana.

ANEXO III - Información adicional sobre las lagunas de almacenamiento

Las lagunas de almacenamiento deben:

- Ser lo suficientemente grandes como para almacenar efluentes por períodos extensos (12 meses o más), de un año o mayores
- Ser capaces de contener el balance del agua, considerando los ingresos y salidas (evitar rebalses).
- Tener toda su superficie bien sellada con arcillas u otros materiales, incluso plástico o cemento para evitar la infiltración y contaminación de freáticas. Sería conveniente también construir un vertedero para dirigir posibles desbordes ante una tormenta de magnitud.
- Ser diseñadas considerando la pérdida de capacidad por acumulación progresiva de sedimentos.
- Ser de fácil acceso para su limpieza ya que habrá que remover periódicamente el material sedimentado (de 1 a 3 años).

Se clasifica a las lagunas en:

- Lagunas de retención o aeróbicas: Se utilizan para retener en forma temporaria el líquido efluente hasta su aplicación a la tierra a través del riego. Las lagunas de tipo aeróbico tendrán profundidades de 1,5 m o menos. Son lagunas con mayor capacidad que las anaeróbicas para la degradación de la materia orgánica.
- Lagunas anaeróbicas o facultativas. Se utilizan para conservar efluentes por tiempos prolongados y permitir el tratamiento parcial del agua antes de su uso. Son de profundidad superior a los 1,5 m, frecuentemente entre 2,5 y 4 m. Por su menor superficie expuesta la evaporación total es menor.

ANEXO IV - Otros agentes de la cadena porcina

La producción primaria es comercializada a través de diferentes modalidades. La forma más utilizada es la venta directa al frigorífico, que concentra cerca del 90% de la faena. Las principales modalidades de venta son:

- Directa a frigorífico
- Invernadores y engordadores
- Acopiadores
- Remate Feria
- Otros, incluyendo la faena informal

El principal destino de la carne porcina es la elaboración de chacinados, fiambres y embutidos que consume cerca del 85% de la producción. La producción restante se destina al consumo fresco y fabricación de otros subproductos, como grasas y aceites (productos de bajo valor que constituyen el principal rubro de exportación). El consumo fresco del animal se limita a la categoría lechón y a la comercialización de cortes de capones y hembras sin servicio (tales como costillar, pechito, etc.)

El sector de chacinados está constituido en su mayoría por PyMEs. Salvo algunas pocas excepciones, no existe en Argentina una economía de escala. La industria de chacinados elabora una amplia gama de productos, los cuáles se agrupan en dos grandes segmentos: 1) Chacinados y embutidos, 2) No-embutidos y salazones.

La industria se abastece de cerdos en pie que compra directamente a los productores de porcinos. El resto de la materia prima (canales y cortes frescos) es adquirida a través de mataderos y/o depostadores. También importa cortes congelados, principalmente pulpas de jamón, paleta y tocino (en su mayoría de Brasil). La producción nacional de carne fresca no alcanza a satisfacer la demanda de las EMPRESAs de chacinados, por lo que debe importarse el faltante.

Salvo escasas excepciones los establecimientos productores de cerdos no se encuentran integrados con la industria ni con los canales de distribución.

ANEXO V - Historia y evolución del sector porcino

Antes de los ´90

Hasta 1990 la producción de cerdos en Argentina era realizada como actividad secundaria dentro de la explotación agropecuaria, principalmente por pequeños productores localizados en zonas donde el cultivo de maíz era preponderante. La actividad adquiría distintos niveles de relevancia de acuerdo al comportamiento de la ecuación de precios grano-carne. Los índices productivos alcanzados por los productores locales se hallaban muy por debajo de los niveles de países con tradición porcina.

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. Cada uno de ellos tenía una duración variable de entre 4 a 6 años. Estos ciclos actuaban como factor desalentador para la producción, ya que impedían la realización de inversiones a largo plazo en la actividad y el logro de un progresivo aumento tecnológico.

Década de los ´90

En el año 1991 se implementó el Plan de Convertibilidad (1$ = 1US$) que, junto con el advenimiento de la estabilidad monetaria, produjo una atenuación de los llamados ciclos porcinos. A su vez, se generó una difícil y traumática reconversión del sector, producto de las nuevas reglas de juego. De esta forma, los productores pasaron de producir en una economía caracterizada por una alta inflación y cerrada a los mercados, a una economía estabilizada y abierta, que suponía manejar concepto como eficiencia, calidad y competitividad.

Las sucesivas devaluaciones de la moneda brasileña (el peso argentino mantenía su paridad cambiaria 1:1 respecto al dólar) expusieron a la industria nacional a una competencia desigual, al incrementarse fuertemente la entrada de productos porcinos a valores inferiores a los nacionales.

Las importaciones de productos (principalmente cortes de jamón, paleta y tocino) y subproductos porcinos se incrementaron de forma creciente, llegando a representar cerca del 40% de la producción nacional. Hasta el año 1985 Argentina era autosuficiente en carne de cerdo, y es recién a partir del año 1992 donde los volúmenes importados adquieren importancia.

El precio de la mercadería importada establecía (y establece) un techo al precio pagado al productor argentino por sus cerdos, que en muchos casos no llegaba a cubrir los costos de producción. En este contexto, muchos pequeños y medianos productores abandonaron la actividad, con una consecuente disminución en el stock porcino

nacional. Ver *Figura V.1*.

Sin embargo, paralelamente, la incorporación de genética de alto rendimiento, la formulación de raciones equilibradas, la necesidad de intensificar 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. La incorporación tecnológica permitió el desarrollo de granjas porcinas intensivas, lo que compensó con mayor productividad la disminución experimentada por el stock, manteniendo los niveles de producción nacional.

La década de los noventa constituye uno de los puntos de inflexión en la porcicultura de nuestro país. A manera de síntesis podemos definirla, por un lado, cómo la década de la incorporación tecnológica, de la mano de inversiones principalmente en granjas de alta productividad; y por otro lado, cómo 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).

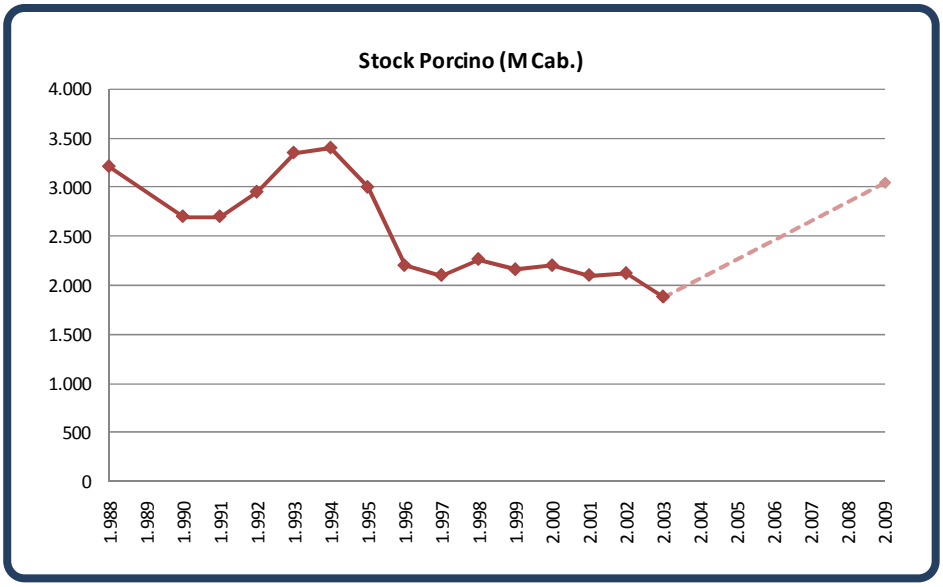


Figura V.1 – Evolución del stock porcino nacional

ANEXO VI - Datos adicionales sobre la producción porcina en Argentina [21]

¿Quiénes dominan el negocio? (Datos del 2008)

Como muestra la *Tabla VI.1*, El negocio actualmente está dominado por EMPRESArios argentinos descendientes de las familias más tradicionales (como Blaquier, Born), importantes multinacionales (como la española Campofrío) y frigoríficos tradicionales (como Paladini).

Nombre del Establecimiento	*Madres*
Cabaña Argentina (Familia Blaquier)	6000
Campo Austral (Campofrio)	5000
Paladini	4500
Ponedoras Sur S.A.	2500
General Ganadera del Centro S.A.	2400
Camurri Hnos.	2200
La Pelada (Juan Born)	2000
La EMPRESA	900
Degar S.A.	700
La Laica S.R.L.	600
Sepor S.A.	600

Tabla VI.1 – Productores lideres en el Mercado argentino

Características del consumo en Argentina

Mientras que en el mundo la carne porcina es la carne con mayor volumen de producción y consumo, en Argentina durante 2007 se han producido 3.200 miles de toneladas equivalentes a res con hueso de carne vacuna, contra 275 miles de toneladas equivalentes a res con hueso de carne porcina.

La principal explicación de esta inversión de cifras se encuentra en los hábitos de consumo de la población. Mientras en el mundo (excepto para los musulmanes y judíos) el consumo anual por habitante de carne de cerdo ronda los 65 kg, en Argentina se llegó en el 2007 a un consumo aparente de 7,94 kg/hab/año. En el caso de la carne vacuna sucede exactamente lo contrario. Ese hábito tan marcado de consumo de la carne vacuna es lo que la convierte en un alimento inelástico y con baja posibilidad de sustitución,

[21] Los datos y gráficos que se presentan a continuación se basan en un informe de mercado facilitado por la EMPRESA e información del SENASA.

con lo que los esfuerzos que deben hacerse para tratar de incrementar el consumo de carne fresca porcina son muy importantes.

Cerca del 85% de la carne de cerdo en Argentina tiene como destino la elaboración de fiambres y chacinados. Apenas el 15% restante tiene como destino el mercado del fresco.

El bajo nivel de consumo de carne fresca de cerdo en la Argentina se atribuye a: 1) La falta de información y educación del consumidor sobre las cualidades, calidades y usos culinarios de esta carne; 2) La ausencia de un canal comercial eficiente que genera mayores costos, trasladadas al precio final del producto.

La producción Argentina en el mundo

Si bien el sector porcino argentino es pequeño, posee condiciones naturales y sanitarias óptimas para crecer y satisfacer las necesidades de mercados exigentes. La opinión de los principales analistas internacionales del sector cárnico sostiene que hacia el año 2020 sólo podrán competir como productores de proteína animal aquellos países que sean capaces de autoabastecerse de granos y que cuenten con reservas de agua potable suficientes. La *Tabla VI.2* y *Figura VI.1* muestran los principales productores y consumidores de carne porcina en el mundo.

Producción			*Consumo*		
País	*MTn*	*Share*		*MTn*	*Share*
China	53.000	53%	China	52.536	53%
Unión Europea	21.450	21%	Unión Europea	20.122	20%
EE.UU.	9.543	10%	EE.UU.	8.874	9%
Brasil	2.745	3%	Rusia	2.715	3%
Rusia	1.800	2%	Japón	2.501	3%
Otros	11.238	11%	Otros	12.166	12%
Total	99.776	100%	Total	98.914	100%

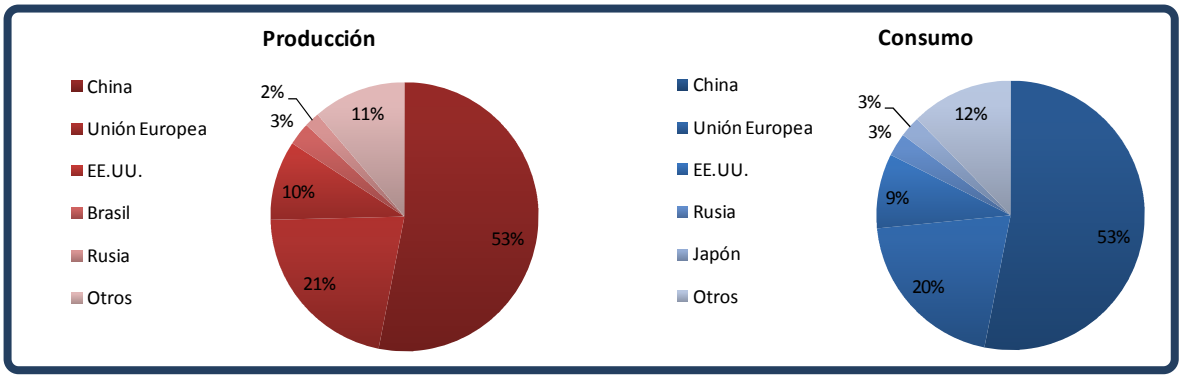


Tabla VI.2 ; Figura VI.1 - Demanda y Oferta de Carne Procina (en miles de Tn de res c/h) (2006)

Formación de Precios en el Mercado Argentino

La formación del precio del cerdo en el mercado de Argentina se halla condicionado en gran parte a:

- El precio del ingreso de la materia prima importada. Podría tomarse como referencia el precio promedio de la exportación porcina brasileña, por ser el principal origen de las importaciones argentinas). Ver *Figura VI.2*

- El costo de los insumos. La base alimenticia en los cerdos de nuestro país se centraliza en el consumo de maíz y soja, los cuales representan entre el 75 y 90% de la ración. La variación de los precios afecta en forma directa los costos de producción y pueden significar tener rentabilidad o pérdida. Por este motivo se puede utilizar el indicar 5+2 que relaciona el precio del cerdo a la suma de 5 kg. de maíz y 2 kg. de soja. Ver *Figura VI.2*

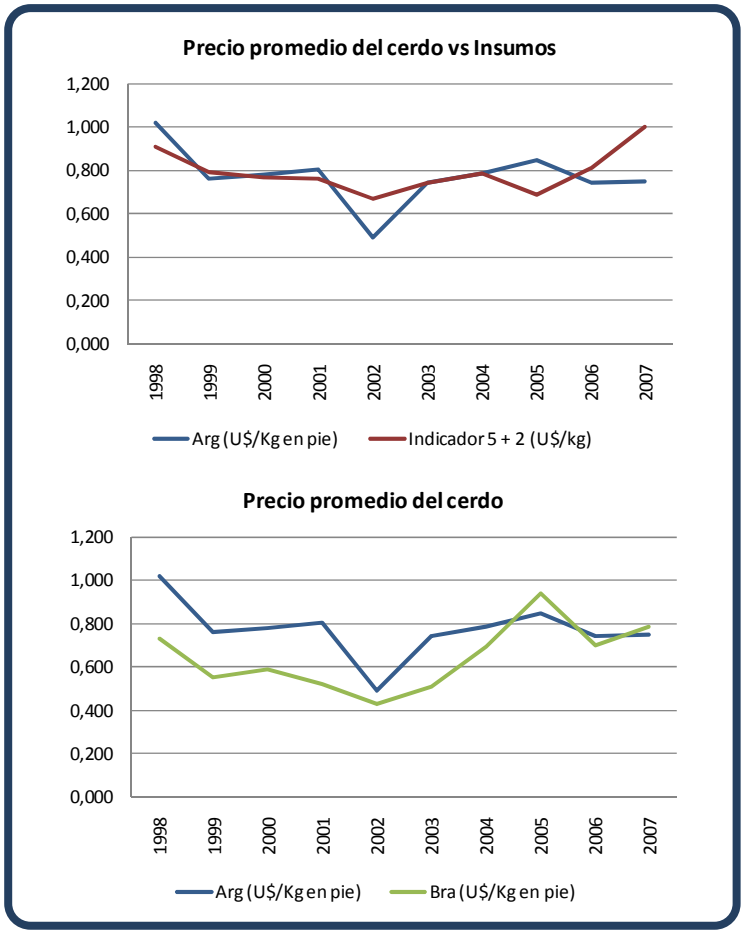


Figura VI.2 – Impacto de los insumos y materias primas en la formación de precios
Fuente: Informe elaborado por la AAPP - Asociación Argentina de Productores Porcinos

Hasta agosto de 1995, los únicos precios porcinos publicados en forma sistemática en el orden nacional eran los del Mercado de Hacienda de Liniers de la ciudad de Buenos Aires. Este mercado llegó a concentrar el 60% del comercio de cerdos del país pero en los últimos períodos su representatividad era muy pequeña.

A partir de enero de 1996 se implementó el Sistema de Información de Precios Porcinos (SIPP), que permite volcar al conocimiento público los datos de comercialización de un importante volumen de faena, en las distintas modalidades de compra. Lo elabora la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) con el aporte voluntario de datos provenientes de frigoríficos, usuarios y productores de las provincias con mayor actividad porcina. Su objetivo es dotar al mercado de referencias eficaces y transparentes sobre la comercialización por magro, en pie y al gancho.

Consideraciones sobre la Gripe Porcina

La gripe porcina ha tenido un impacto muy negativo en el consumo de productos y subproductos porcinos, afectando a todo el sector productivo. Los siguientes indicadores nos dan una idea de su impacto:

- México: Reducción del 80% del consumo de carne de cerdo
- Latinoamérica: Reducción de entre un 20 a un 40%
- Rusia y China: Medidas restrictivas a la importación de carne y animales vivos.

Casos similares que han ocurrido en la historia reciente (como el síndrome de la vaca loca, en Inglaterra, o la Influenza Aviar, en Asia) han tenido efectos inmediatos tan graves como los vividos por la Industria Porcina en Latinoamérica y la recuperación tardó hasta seis meses. La gran tarea por delante es recuperar la confianza de los consumidores, algo que podría tomar varios meses de trabajo. Los estudios confirman que el consumidor recuperó la confianza en la medida que los hechos dejaron de ser noticia principal en los medios de comunicación de los países afectados. La Industria porcina ha demostrado en las últimas semanas una gran capacidad de recuperación.

En términos de salud pública, existen elementos para estar seguros que los productos y subproductos del cerdo no implican riesgos de transmisión de este nuevo virus al humano. En términos de salud animal, establece nuevos retos de constatación y verificación de poblaciones porcinas negativas.

ANEXO VII - Conceptos básicos sobre la cría de cerdos

Los cerdos han sido adaptados para la producción de carne dado que crecen y maduran con rapidez. La carne de cerdo es rica en proteínas de alta calidad, vitaminas y minerales, y también posee un mayor contenido de grasas que otros animales. Además de la carne del cerdo, también se aprovechan el cuero (piel) para hacer maletas, calzado y guantes, y las cerdas para confeccionar cepillos. Son también fuente primaria de grasa comestible, aunque en la actualidad se prefieren las razas que producen carne magra.

El cerdo doméstico adulto tiene un cuerpo pesado y redondeado, hocico comparativamente largo y flexible, patas cortas con pezuñas (cuatro dedos) y una cola corta. La piel, gruesa pero sensible, está cubierta en parte de ásperas cerdas y exhibe una amplia variedad de colores y dibujos. Son animales rápidos e inteligentes.

Características productivas

Las características productivas pueden variar según el tipo de animal, raza, condiciones ambientales y de cría.

- Fertilidad: 75%
- Crías por parto: 10,5 lechones.
- Número de partos por año: 1,5
- Período de gestación: 114 días
- Duración del ciclo menstrual: 21 días.
- Peso promedio al nacimiento: 1,10/1,30 kg.
- Peso al destete (60 días): 15 kg.
- Peso promedio final (6 meses): 50 kg. En explotaciones comerciales con razas puras se puede doblar este peso en el mismo período.
- Peso del macho al empadre: 110/120 kg. (>15 meses de edad)
- Peso de la hembra al empadre: 90/110 kg (>8 meses de edad).

El cerdo tiene un período de gestación corto, de unos 114 días y pueden tener camadas muy numerosas. Una camada de cochinillos generalmente tiene entre 10 y 12 animales, dependiendo de la raza y del número de parición.

El tiempo ideal de lactancia para los lechones criados en cautiverio es de 21 a 28 días. El destete se puede clasificar en tres periodos: 1) Ultra precoz: 1-10 días, 2) Precoz: 21-28 días, 3) Tradicional: 56-63 días.

Los cerdos son herbívoros en estado salvaje porque tienen una mandíbula preparada para vegetales. Sin embargo, en su domesticación se les da también carne. El hecho de ser omnívoro los hace fáciles de alimentar.

Los cerdos están adaptados a climas templados y semitropicales, y se encuentran en muchas zonas del mundo. Sin embargo, son los únicos mamíferos que no poseen glándulas sudoríparas. Debido a esto se mojan o enlodan frecuentemente para mantenerse frescos en climas y temporadas cálidas.

Los cerdos desarrollan complejas estructuras sociales y a las 3 semanas de su nacimiento comienzan a interactuar con otros miembros de su comunidad mediante juegos.

En Argentina, reciben diferentes nombres de crianza:

- Lechones de hasta 2 meses: Todo animal de la especie porcina (machos y hembras) menores de 2 meses, que pueden hallarse destetados o no. Sus pesos oscilan entre 900 gr y 20 kg.
- Cachorros castrados y cachorras menores de 4 meses: Machos castrados y hembras sin servicio entre 2 y 4 meses de edad. Sus pesos oscilan entre 20 y 40 kg aproximadamente.
- Cachorras de reposición mayores de 4 meses: Hembras sin servicio mayores de 4 meses que el productor selecciona como futuras reproductoras (futuras madres del plantel).
- Cachorros de reposición mayores de 2 meses: Machos enteros (sin castrar) mayores de 2 meses que el productor selecciona como futuros reproductores (futuros padrillos del plantel).
- Capones y hembras a terminación: Machos castrados y hembras sin servicio, mayores de 4 meses de edad que se hallan en la etapa de terminación para su posterior destino a faena. Sus pesos oscilan entre 40 a 140 kg aproximadamente.
- Cerdas madres: Hembras destinadas a la reproducción que han tenido al menos un servicio ya sea por monta natural o inseminación artificial.
- Padrillos: Machos enteros destinados a la reproducción que han dado al menos un servicio (incluye a los productores de dosis seminales).
- Piara o plantel: Grupo de cerdos.

ANEXO VIII - Diseño de granjas porcinas

Consideraciones de diseño

Los sistemas de explotación porcina han ido cambiando o pasando rápidamente de los esquemas extensivos a los intensivos en confinamiento total, con escasa utilización de mano de obra. Este cambio ha generado múltiples investigaciones sobre la influencia del medio ambiente y microclima sobre el rendimiento de los cerdos durante todo su ciclo de vida. La producción porcina bajo confinamiento total debe proporcionarle al cerdo un ambiente y condiciones adecuadas a través de instalaciones que ayuden a controlarlo para que manifieste todo su potencial productivo y viva en armonía con el medio ambiente.

Las instalaciones constituyen uno de los papeles más importantes en el programa de inversiones pues representan erogaciones absolutamente necesarias, que no producen ganancias inmediatas. Por esta razón el capital inmovilizado debe ser el menor posible. Las instalaciones y equipos pueden facilitar en gran medida el manejo del rebaño si han sido proyectados racionalmente. Las explotaciones buscarán como objetivos fundamentales ser funcionales y sencillas, garantizar el bienestar animal y la sustentabilidad ambiental, reducir las inversiones requeridas y gastos de mantenimiento. Al proyectar una explotación porcina es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Objetivos productivos (actuales y futuros). Posibilidades de expansión.
- Sistema de producción y tecnologías a aplicar
- Infraestructura: suelo (dimensiones del terreno, topografía, tipo de suelo, nivel freático), disponibilidad y calidad de agua, suministro de energía eléctrica y otros servicios, accesos y comunicaciones.
- Factores climáticos (temperatura, humedad, precipitaciones, vientos)
- Duración del ciclo productivo y organización del rebaño.
- Disponibilidad de materias primas para la fabricación del alimento.
- Distancia a proveedores, centros urbanos y plantas de faena.
- Normativa aplicable y marco jurídico
- Flujos intervinientes: suministro de alimentos, entrada y salida de animales, entrada de personal (vestuarios y viviendas), tratamiento y evacuación de deyecciones.

Espacios y dimensiones

Factores tales como temperatura ambiental, número de cerdos por grupo, método de alimentación, ventilación y tipo de piso influyen sobre las necesidades óptimas de superficie por animal.

Cuando se alberga un número reducido de animales por corral se reduce el retorno económico de la inversión inicial. Sin embargo, la sobrepoblación puede producir resultados negativos como canibalismo, reducción en la ganancia de peso, mayor susceptibilidad a enfermedades, efectos adversos sobre el comportamiento reproductivo y otros factores estresantes.

El factor más importante que influye sobre el confort de los animales en confinamiento es el espacio disponible por animal. Sin embargo, en los sistemas modernos de producción este espacio es reducido. En la actualidad una gran cantidad de investigación se ha dirigido a encontrar el mínimo de área utilizable por el cerdo en las diferentes etapas de su ciclo de vida. En algunos países las asociaciones protectoras de animales han establecido un área mínima por animal:

Peso de los cerdos	Leg. de la UE 91/630	Peso de los cerdos	Swine care manual (2001)
< 10kg	0,15	< 13 kg	0,23
< 20kg	0,20	< 27 kg	0,37
< 30kg	0,30	< 45 kg	0,46
< 50kg	0,40	< 68 kg	0,55
< 85kg	0,55	> 68 kg	0,74
< 110kg	0,65		
> 110kg	1,00		

Tabla VIII.1 – Requerimientos de espacio mínimos (m2)

ANEXO IX - Detalle de existencias porcinas (mar-09)

Estrato	Cerdas < 10				11< Cerdas < 50				51< Cerdas < 100				101< Cerdas < 500				501< Cerdas				Total			
Provincia	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.	# Est.	# UP	Cerdas	Tot. Cab.
Cap. Fed.	1	1	0	8																	1	1	0	8
Bs. As.	8.892	9.074	32.193	123.845	1.923	2.054	46.404	191.932	328	359	24.106	110.105	216	258	41.467	204.498	22	24	28.603	213.158	11.381	11.769	172.773	843.538
Catamarca	546	729	1.912	3.650	75	187	1.444	2.539	4	23	253	773									625	939	3.609	6.962
Córdoba	6.186	6.367	21.902	103.286	1.510	1.631	35.729	182.136	270	294	19.541	111.025	165	186	29.007	176.958	18	18	23.624	152.389	8.149	8.496	129.803	725.794
Corrientes	2.870	3.366	5.526	13.479	164	296	3.517	6.198	19	67	1.276	2.191	4	4	574	1.384					3.057	3.733	10.893	23.252
Chaco	5.202	5.658	19.215	50.454	677	1.073	13.827	35.838	50	127	3.505	12.147	22	180	4.010	12.117	1	1	2.067	4.535	5.952	7.039	42.624	115.091
Chubut	203	203	605	1.808	44	44	997	2.644	13	13	1.031	2.693	2	2	339	491					262	262	2.972	7.636
Entre Ríos	2.990	3.073	7.074	27.488	233	254	5.224	35.482	24	26	1.834	10.420	24	25	5.309	37.320	3	3	2.956	20.863	3.274	3.381	22.397	131.573
Formosa	2.675	2.909	11.530	25.174	964	1.465	22.391	45.500	109	272	7.526	17.944	30	89	4.225	8.652					3.778	4.735	45.672	97.270
Jujuy	204	244	673	2.843	43	89	913	4.727	6	18	404	2.011	6	28	1.118	7.397					259	379	3.108	16.978
La Pampa	1.328	1.352	5.293	19.255	339	369	7.858	27.336	31	39	2.310	7.875	11	11	2.328	7.001	1	2	7.627	23.114	1.710	1.773	25.416	84.581
La Rioja	208	239	517	1.272	8	14	130	256	1	1	70	180					1	1	2.500	11.547	218	255	3.217	13.255
Mendoza	397	417	1.037	3.566	42	55	924	3.315	12	12	778	2.333	8	9	1.681	11.716					459	493	4.420	20.930
Misiones	2.144	2.181	6.437	23.126	276	298	5.463	12.870	16	16	1.200	3.661	5	5	984	2.500					2.441	2.500	14.084	42.157
Neuquen	173	173	558	1.446	37	40	889	2.455	6	6	432	938	1	1	498	3.327	1	1	1.220	11.582	218	221	3.597	19.748
Río Negro	394	400	1.094	2.840	58	73	1.131	3.397	13	27	878	2.794					1	1	584	1.318	466	501	3.687	10.349
Salta	1.699	2.117	7.640	28.099	889	2.305	20.484	73.568	125	493	8.574	27.116	33	443	5.153	14.803					2.746	5.358	41.851	143.586
San Juan	122	147	282	548	12	12	350	978	1	1	80	209	2	3	236	876	2	2	1.603	9.122	139	165	2.551	11.733
San Luis	1.626	1.771	4.704	13.098	241	317	5.046	12.822	14	18	936	2.736	6	6	1.020	2.808	2	2	5.165	35.867	1.889	2.114	16.871	67.331
Santa Cruz	29	29	98	1.399	20	20	465	1.332	1	1	100	414									50	50	663	3.145
Santa Fe	3.055	3.120	9.573	88.856	926	1.003	24.125	145.750	253	310	17.970	111.999	128	154	24.286	140.277	11	13	16.732	94.234	4.373	4.600	92.686	581.116
S. Estero	3.974	4.502	12.965	31.158	377	825	7.914	18.897	29	111	2.017	5.069	6	13	1.123	3.801					4.386	5.451	24.019	58.925
T. Fuego	5	5	6	36	1	1	35	322	1	1	90	320									7	7	131	678
Tucumán	881	936	2.251	6.949	88	123	1.996	7.349	17	17	1.141	3.894	2	2	385	2.114	1	2	663	1.612	989	1.080	6.436	21.918
Total	45.804	49.013	153.085	573.683	8.947	12.548	207.256	817.643	1.343	2.252	96.052	438.847	671	1.419	123.743	638.040	64	70	93.344	579.341	56.829	65.302	673.480	3.047.554

Tabla IX.1 – Existencias porcinas por provincia y por tipo de unidad productiva

Estrato	Cerdas < 10	11< C< 50	51< C< 100	101< C< 500	501< Cerdas	Promedio
Provincia	Cab/UP	Cab/UP	Cab/UP	Cab/UP	Cab/UP	Cab/UP
Capital Federal	8	-	-	-	-	8
Buenos Aires	14	93	307	793	8.882	72
Catamarca	5	14	34	-	-	7
Córdoba	16	112	378	951	8.466	85
Corrientes	4	21	33	346	-	6
Chaco	9	33	96	67	4.535	16
Chubut	9	60	207	246	-	29
Entre Ríos	9	140	401	1.493	6.954	39
Formosa	9	31	66	97	-	21
Jujuy	12	53	112	264	-	45
La Pampa	14	74	202	636	11.557	48
La Rioja	5	18	180	-	11.547	52
Mendoza	9	60	194	1.302	-	42
Misiones	11	43	229	500	-	17
Neuquen	8	61	156	3.327	11.582	89
Río Negro	7	47	103	-	1.318	21
Salta	13	32	55	33	-	27
San Juan	4	82	209	292	4.561	71
San Luis	7	40	152	468	17.934	32
Santa Cruz	48	67	414	-	-	63
Santa Fe	28	145	361	911	7.249	126
Santiago del Estero	7	23	46	292	-	11
Tierra del Fuego	7	322	320	-	-	97
Tucumán	7	60	229	1.057	806	20
Promedio Cab/UP	12	65	195	450	8.276	47

Tabla IX.1 – Existencias porcinas por provincia y tipo de animal

ANEXO X - Evolución del sector energético en los últimos años

En la década del ´90, con el periodo de convertibilidad, la privatización de EMPRESAs estatales contribuyó a la mejora en la competitividad del sector que, a través de la paridad peso-dólar, resultaba atractivo a diferentes inversores. Estas inversiones se tradujeron en una mayor oferta y acompañaron la mayor demanda de energía hasta la salida de la convertibilidad en el 2001.

La importante devaluación y la congelación de precios que siguieron hicieron que el sector se volviera muy poco rentable y perdiera su atractivo para capitales extranjeros. Desde entonces la producción energética viene disminuyendo año a año, perjudicando al desarrollo de toda la economía: la capacidad eléctrica instalada permaneció estancada, la capacidad de refinación tampoco creció, la exploración de riesgo declinó, la producción tanto de gas como de petróleo se retrajo.

Además, los bajos precios del gas y la electricidad que desalentaron ampliaciones en la oferta, estimularon un aumento en la demanda provocando un sesgo de la matriz energética hacia el gas en sus diferentes usos (industrial, residencial, generación eléctrica y transporte). Todos estos efectos intensificaron el desfasaje entre la oferta y la demanda. Ver *Figuras X.1* y *x.2*

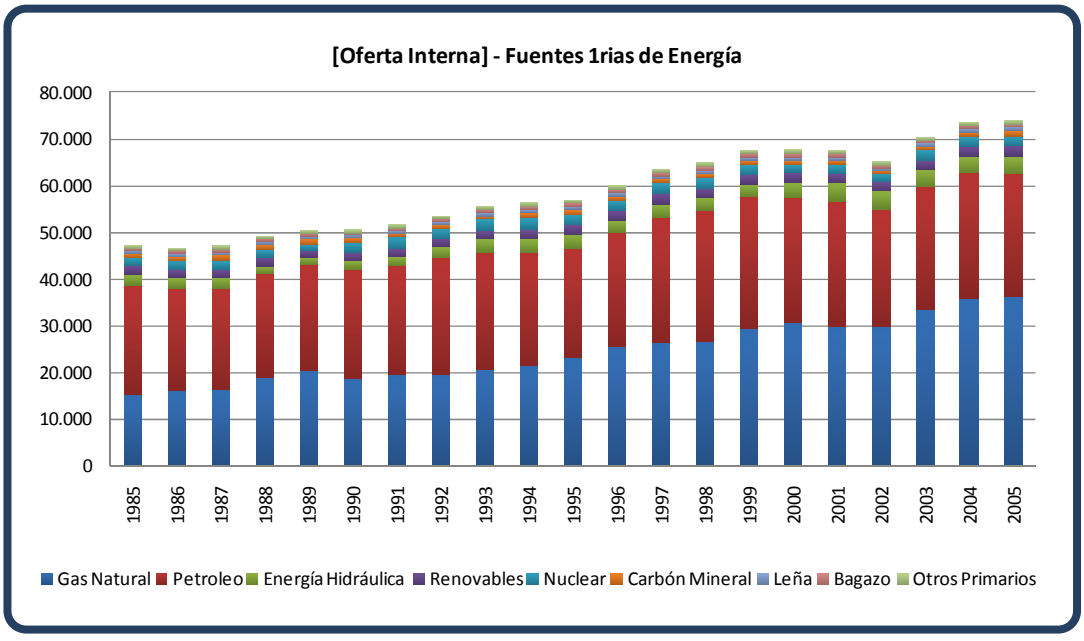


Figura X.1 – Oferta interna de Energía, Fuentes Primarias
Fuente: Secretaría de Energía

Luego de la crisis de abastecimiento del gas natural el gobierno lanzó el Plan Energético 2004- 2008 con el fin de corregir la debilidad del sector acelerando las inversiones. El plan buscaba la liberación gradual del precio de la energía, crecientes inversiones en

infraestructuras tanto en el sector privado como público y el comienzo de nuevas exploraciones petroleras. Sin embargo, poco ha cambiado desde entonces.

Argentina ha perdido su capacidad de autoabastecimiento de los combustibles principales de su matriz (gas y petróleo) en el largo plazo. El problema energético es sistémico dado que involucra a distintos sectores, y la escasez constituye un limitante para el crecimiento y desarrollo del país. Por todo esto resulta imprescindible desarrollar un plan para diversificar la provisión de energía en el mediano y largo plazo.

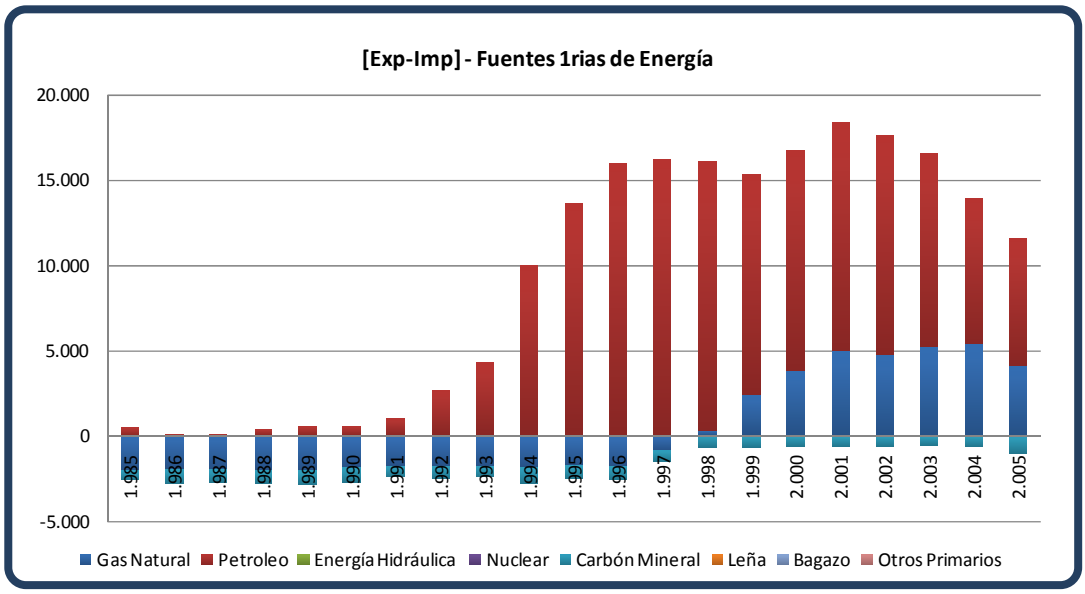


Figura X.2 – Exportaciones-Importaciones, Fuentes Primarias
Fuente: Secretaría de Energía

ANEXO XI - Detalle de las instalaciones

La EMPRESA está dividida en tres unidades productivas o sitios, cuyas características son:

- Sitio I: Maternidad

Reproducción en jaulas de gestación, maternidad (100 % inseminación artificial) y destete a los 21 días de vida. Se ubica al sur de la provincia de Córdoba.

Instalaciones:

A. Galpón de padrillos

   Dimensiones: 15 Corrales

   Tipo de piso: Full slat de cemento

   Sistema de Ventilación: Forzada con paneles evaporativos.

   Aislación Térmica: Espuma de poliuretano

B. Laboratorio de inseminación artificial.

   Equipo: Potro de salto con fosa para extracción

C. Galpón de crecimiento de cachorras

   Dimensiones: 16 corrales de 10 cachorras cada uno. Densidad por cachorra de 1 m^2. Las cachorras se alojan desde los 80 días de vida hasta los 180 días, cuando pasan al galpón de estimulo.

   Tipo de piso: Full slat de cemento

   Sistema de Alimentación: Comedero seco-húmedo tubular.

   Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manuales.

D. Galpón de gestación I

   Dimensiones: 260 jaulas de gestación y 12 corrales de cachorras para 10 cerdas cada uno.

   Tipo de piso: 45% slat de cemento en la jaula de gestación, piso solido para las cachorras.

   Sistema de Alimentación: Automático de actuación manual para la gestación, automático con comederos seco-húmedo para las cachorras.

   Sistema de Ventilación: Natural con cortina simple manual.

   Aislación Térmica: Espuma de poliuretano.

E. Galpón de gestación II

   Dimensiones: 320 jaulas de gestación.

   Tipo de piso: Full slat de cemento.

Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manual.

F. Galpón de gestación III

Dimensiones: 320 jaulas de gestación.

Tipo de piso: Full slat de cemento.

Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manual.

G. Maternidad

Dimensiones: 1 galpón de 4 salas con 14 jaulas cada una y 1 galpón de 4 salas con 20 jaulas cada una.

Tipo de piso: N/D

Sistema de Alimentación: Automático con dosificación manual

Sistema de Ventilación: Natural, con doble cortina del lado sur y cortina simple del otro. Individual por sala.

Sistema de Calefacción de sala: Pantallas a gas envasado (2 de 5000 calorias)

Sistema de Calefacción de lechones: Mantas térmicas eléctricas.

H. Lagunas de tratamientos de efluentes impermeabilizadas.

I. Instalaciones generales

- ➔ Planta de molienda de alimento balanceado de 2,5 Tn por hora
- ➔ Vestuario con duchas y comedor.
- ➔ Galpón de Mantenimiento

- Sitio II: Recría.

Recría de 22 a 77 días de vida. Se ubica a unos 15 km del Sitio I.

Instalaciones:

A. Galpones de engorde

Dimensiones: Son 5 galpones donde los animales se alojan durante 2 semanas. Cada uno cuenta con una capacidad de 1100 lechones.

Tipo de piso: Full slat plástico, sobrelevado.

Sistema de Alimentación: Automático con 2 silos por galpón

Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manuales.

Sistema de Calefacción de sala: Pantallas a gas (5 KCal). 1 por sala de 34 m^2.

Aislamiento Térmico: Espuma de poliuretano, en el techo.

- Sitio III: Engorde y Terminación.

78 días hasta peso de mercado. Se ubica junto al Sitio II, también a 15 km del Sitio I.

Instalaciones:

A. Galpones de engorde:

a. Dimensiones: 5 galpones de 60x10 m para 550 cerdos cada uno.
Tipo de piso: Cemento con pelo de agua.
Sistema de Alimentación: Automático por cada galpón.
Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manuales.

b. Dimensiones: 2 galpones de 66x12 m para 680 cerdos cada uno.
Tipo de piso: Cemento con pelo de agua.
Sistema de Alimentación: Automático por cada galpón.
Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manuales.

c. Dimensiones: 2 galpones de 40 x 10 m para 400 cerdos cada uno.
Tipo de piso: 30% slat de cemento, 70% de piso de cemento.
Sistema de Alimentación: Automático por cada galpón.

Sistema de Ventilación: Natural con cortinas manuales.

B. Laguna de tratamiento de efluentes (compartida con el sitio II)

C. Instalaciones generales (compartidas con el sitio II)

- ➔ Planta de Molienda de alimento balanceado de 2,5 Tn por hora
- ➔ Vestuario con duchas y comedor.
- ➔ Galpón de Mantenimiento

ANEXO XII - Detalle de los cálculos

Animales y excretas

Generación de excretas según tipo de cerdo		
Tipo	*Peso (kg)*	*Excretas (l/día)*
Cerdo p/engorde < 21 días	5	1,0
Cerdo p/engorde > 21 días	12	2,0
Cerdo p/engorde > 77 días	70	7,0
Padrillo	200	5,0
Cerda madre	150	4,5
Cerda madre con camada	150	15,0

Tabla XII.1 – Generación de excretas por tipo de animal

Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations

Distribución de los animales

Sitio	*Galpón*	*Tipo*	*Cantidad (Cabezas)*	*Peso (kg)*	*Excretas (l/día)*	*Total Exc. (m3/año)*
Sitio I	Gestación 1	Cerda madre	260	150	4,5	421
	Gestación 2	Cerda madre	320	150	4,5	518
	Gestación 3	Cerda madre	150	150	4,5	243
	Maternidad 1	Cerda madre con camada	30	150	15,0	162
		Cerdo p/engorde < 21 días	360	5	1,0	130
	Maternidad 2	Cerda madre con camada	40	150	15,0	216
		Cerdo p/engorde < 21 días	480	5	1,0	173
	Padrillos	Padrillo	15	200	5,0	27
Sitio II	Recría 1	Cerdo p/engorde > 21 días	750	12	2,0	540
	Recría 2	Cerdo p/engorde > 21 días	750	12	2,0	540
	Recría 3	Cerdo p/engorde > 21 días	750	12	2,0	540
	Recría 4	Cerdo p/engorde > 21 días	750	12	2,0	540
	Recría 5	Cerdo p/engorde > 21 días	750	12	2,0	540
Sitio III	Engorde 1	Cerdo p/engorde > 77 días	0	70	7,0	0
	Engorde 2	Cerdo p/engorde > 77 días	0	70	7,0	0
	Engorde 3	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
	Engorde 4	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
	Engorde 5	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814

Engorde 6	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
Engorde 7	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
Engorde 8	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
Engorde 9	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
Engorde 10	Cerdo p/engorde > 77 días	720	70	7,0	1.814
		11.165	52	4,7	19.105

Tabla de cálculo XII.1 – Generación de excretas por sitio

Sitio	*Animales*		*Total Excretas (m3/año)*	
Sitio I	1.655	14,82%	1.890	9,89%
Sitio II & III	9.510	85,18%	17.215	90,11%
Totales	11.165	100,00%	19.105	100,00%

Tabla de cálculo XII.2 – Total de excretas generadas

Entradas

Consumo de agua (lavado y otros)		
Sitio	*l/día*	*l/animal.día*
Sitio I	20.000	12,1
Sitio II & III	60.000	6,3

Tabla XII.2 – Consumo de agua

Propiedades excretas de cerdo				
Parámetro	*Mínimo*	*Máximo*	*Media*	*EMPRESA*
Sólidos totales (% p/p)	1,37%	16,90%	6,22%	10,00%
Sólidos volátiles (% p/p)	0,65%	12,13%	4,23%	7,03%
Nitrógeno total (% p/p)	0,20%	1,02%	0,60%	0,66%
Fósforo (% p/p)	0,01%	0,66%	0,14%	0,37%
Potasio (% p/p)	0,16%	0,78%	0,48%	0,51%

Tabla XII.3 – Composición de las excretas de cerdo

Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations

Afluente

Total de afluente (excertas + agua + otros) (Tn/año ≅ m3/año)	47.905	
Sitio I (Tn/año ≅ m3/año)	9.090	
Sitio II & III (Tn/año ≅ m3/año)	38.815	

Nutrientes y Sólidos

Total Nutrientes y Sólidos (Tn/año)		
Sólidos disueltos (Tn/año)	1.911	
Sólidos volátiles (Tn/año)	1.343	
N (Tn/año)	126,0	
P (Tn/año)	70,5	
K (Tn/año)	96,7	
Sitio I		(% p/p)
Sólidos disueltos (Tn/año)	189	**2,08%**
Sólidos volátiles (Tn/año)	133	1,46%
N (Tn/año)	12,5	0,14%
P (Tn/año)	7,0	0,08%
K (Tn/año)	9,6	0,11%
Sitio II & III		
Sólidos disueltos (Tn/año)	1.722	**4,44%**
Sólidos volátiles (Tn/año)	1.210	3,12%
N (Tn/año)	113,5	0,29%
P (Tn/año)	63,5	0,16%
K (Tn/año)	87,1	0,22%

Tabla de cálculo XII.3 – Entradas

Salidas

Biogás

Composición	
% CH4	60,00%
Poder calorífico biogás (Kcal/m3 biogás)	5.400
Densidad biogás (Kg/m3)	1,20
Rendimiento de biogás (m3 biogás/Tn SV)	350
Producción de biogás (m3 biogás/año)	470.089
Sitio I (m3 biogás/año)	46.504
Sitio II & III (m3 biogás/año)	423.585

Fertilizante

Producción de efluente (Tn/año ≅ m3/año)	47.341	
Sitio I (Tn/año)	9.034	
Sitio II & III (Tn/año)	38.307	
Fracciones		
Recuperación de nutrientes (% de entrada efluente)	70%	
Fracción A (% de entrada afluente)	15%	
Recup. de nutrientes Fracción A (% de entrada afluente)	85%	
Producción Total de Fertilizante		
Fertilizante Tipo A (Tn/año≅ m3/año)	7.101	(% p/p)
N (Tn/año)	75	1,06%
P (Tn/año)	42	0,59%
K (Tn/año)	58	0,81%
Fertilizante Tipo B (Tn/año ≅ m3/año)	40.240	
N (Tn/año)	13	
P (Tn/año)	7	
K (Tn/año)	10	
Sitio I		
Fertilizante Tipo A (Tn/año ≅ m3/año)	1.355	
N (Tn/año)	7,4	
P (Tn/año)	4,2	
K (Tn/año)	5,7	
Fertilizante Tipo B ((Tn/año ≅ m3/año)	7.679	
N (Tn/año)	1,3	
P (Tn/año)	0,7	
K (Tn/año)	1,0	
Sitio II & III		
Fertilizante Tipo A (Tn/año ≅ m3/año)	5.746	(% p/p)
N (Tn/año)	67,5	0,95%
P (Tn/año)	37,8	0,53%
K (Tn/año)	51,8	0,73%
Fertilizante Tipo B (Tn/año ≅ m3/año)	32.561	
N (Tn/año)	11,9	
P (Tn/año)	6,7	
K (Tn/año)	9,1	

Reducción de emisiones

Equivalencia Tn CO2/Tn CH4	21,00
> Factor de recuperación efectiva	75%
Equivalencia Tn CO2/KWh (Prom. Para ciclo combinado)	0,00026
Recuperación del metano en el biogás (Tn CO2/año)	5.331
Reemplazo de GN en gen. electricidad (Tn CO2/año)	95
Reemplazo de GN en fab. de fertilizantes (Tn CO2/año)	-
Total (Tn CO2/año)	5.426

Tabla de cálculo XII.4 – Salidas

Consumos

Equivalencias

Poder calorífico Biogas (Kcal/m3 biogas)	5.400
Poder energético GLP YPF (Kcal/kg GLP)	10.950
Poder energético Gas Natural (Kcal/m3 gas)	8.300
Poder energético Gasoil YPF (Kcal/lt gasoil)	8.800
Equivalencia Biogas = GLP YPF (m3 biogas/kg GLP YPF)	2,03
Equivalencia Biogas = Gas Natural (m3 biogas/m3 GN)	1,54
Equivalencia Biogas = Gasoil YPF (m3 biogas/lt gasoil YPF)	1,63
Equivalencia Biogas = KWh (m3 de Biogas/KWh)	0,93

Consumos

Total		Eq. m3 biogás
GLP YPF (kg GLP/año)	0	0
Gas Natural (m3 gas/año)	58.000	89.148
Gasoil YPF (lt/año)	3.500	5.704
Electricidad (KWh/año)	366.000	338.783
+ Electricidad (nuevos procesos) (KWh/año)	54.900	50.818
Sitio I		
GLP YPF (kg GLP/año)	0	0
Gas Natural (m3 gas/año)	8.000	12.296
Gasoil YPF (lt/año)	0	0
Electricidad (KWh/año)	36.000	33.323
+ Electricidad (nuevos procesos) (KWh/año)	5.400	4.998

Sitio II & III		
GLP YPF (kg GLP/año)	0	0
Gas Natural (m3 gas/año)	50.000	76.852
Gasoil YPF (lt/año)	3.500	5.704
Electricidad (KWh/año)	330.000	305.460
+ Electricidad (nuevos procesos) (KWh/año)	49.500	45.819

Tabla de cálculo XII.5 – Consumo de energía

Uso del biogás

Uso del biogás	
Sitio I	
GLP YPF (m3 biogás/año)	0
Gas Natural (m3 biogás/año)	12.296
Gasoil YPF (m3 biogás/año)	0
Electricidad (m3 biogás/año)	34.208
(+) Exedente ; (-) Faltante (m3 biogás/año)	-4.114
Sitio II & III	
GLP YPF (m3 GLP/año)	0
Gas Natural (m3 gas/año)	76.852
Gasoil YPF (lt/año)	5.704
Electricidad (KWh/año)	341.029
(+) Exedente ; (-) Faltante (m3 biogás/año)	-10.250

Tabla de cálculo XII.6 – Uso del biogás

Inversiones requeridas (en Arg$)

Biodigestores	**nov-09**
Sitio I	
Equipos a instalar x 1.500 m3	$ 0
x 750 m3	$ 0
x 500 m3	$ 0
x 350 m3	$ 35.420
Fosa de almacenaje	$ 2.713
Equipo adicional	$ 5.313

Instalación	$ 5.313
Sitio II & III	
Equipos a instalar x 1.500 m3	$ 272.426
x 750 m3	$ 0
x 500 m3	$ 49.396
x 350 m3	$ 0
Fosa de almacenaje	$ 23.463
Equipo adicional	$ 48.273
Instalación	$ 48.273
Total	$ 490.590

Generadores	**nov-09**
Sitio I	
Equipos a instalar x 40304	$ 0
x 40234	$ 0
x 40243	$ 16.170
x 40224	$ 11.319
Equipo adicional	$ 5.498
Instalación	$ 4.123
Sitio II & III	
Equipos a instalar x 40304	$ 179.218
x 40234	$ 0
x 40243	$ 0
x 40224	$ 0
Equipo adicional	$ 35.844
Instalación	$ 26.883
Total	$ 279.054

Equipos de Osmosis Inversa	**nov-09**
Sitio I	
Equipos a instalar x RO-15000	$ 0
x RO-12000	$ 0
x RO-9000	$ 0
x RO-7500	$ 0
x RO-6000	$ 40.040
x RO-4500	$ 0
Fosa de almacenaje	$ 790

Equipo adicional	$ 2.002
Instalación	$ 4.004
Sitio II & III	
Equipos a instalar x RO-15000	$ 75.075
x RO-12000	$ 61.985
x RO-9000	$ 0
x RO-7500	$ 0
x RO-6000	$ 0
x RO-4500	$ 0
Fosa de almacenaje	$ 3.352
Equipo adicional	$ 6.853
Instalación	$ 13.706
Total	$ 207.807

Otros	**nov-09**
Estudio de Factibilidad	$ 15.000
Imprevistos	$ 50.000
IVA Inversión	$ 218.915
Total	$ 283.915

TOTAL GENERAL	$ 1.261.366
	U$ 327.627

Tabla de cálculo XII.7 – Inversiones requeridas

Estado de resultados (en U$)

	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020
Ingresos											
Ahorro energético											
GLP YPF	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Gas Natural	U$ 11.600	U$ 13.608	U$ 13.116	U$ 15.429	U$ 14.909	U$ 17.578	U$ 17.578	U$ 17.578	U$ 17.578	U$ 17.578	U$ 17.578
Gasoil YPF	U$ 3.073	U$ 3.605	U$ 3.474	U$ 4.087	U$ 3.949	U$ 4.656	U$ 4.656	U$ 4.656	U$ 4.656	U$ 4.656	U$ 4.656
Electricidad	U$ 34.803	U$ 40.828	U$ 39.352	U$ 46.290	U$ 44.729	U$ 52.739	U$ 52.739	U$ 52.739	U$ 52.739	U$ 52.739	U$ 52.739
Ahorro energético Total	U$ 49.476	U$ 58.040	U$ 55.942	U$ 65.805	U$ 63.587	U$ 74.974	U$ 74.974	U$ 74.974	U$ 74.974	U$ 74.974	U$ 74.974
Venta Fertilizantes	U$ 137.737	U$ 167.876	U$ 167.876	U$ 204.610	U$ 204.610	U$ 249.382	U$ 249.382	U$ 249.382	U$ 249.382	U$ 249.382	U$ 249.382
Venta CERs	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260	U$ 54.260
	U$ 241.472	U$ 280.176	U$ 278.078	U$ 324.675	U$ 322.457	U$ 378.615	U$ 378.615	U$ 378.615	U$ 378.615	U$ 378.615	U$ 378.615
Costos											
Mantenimiento de equipos	-U$ 22.213	-U$ 25.770	-U$ 29.822	-U$ 34.436	-U$ 39.691	-U$ 45.671	-U$ 47.955	-U$ 50.238	-U$ 52.522	-U$ 54.806	-U$ 57.089
Personal adicional	-U$ 52.831	-U$ 57.461	-U$ 62.583	-U$ 68.252	-U$ 74.525	-U$ 81.468	-U$ 81.468	-U$ 81.468	-U$ 81.468	-U$ 81.468	-U$ 81.468
Costo de Certificación CERs	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704	-U$ 21.704
Costo de Com. de fertilizantes	-U$ 8.354	-U$ 9.387	-U$ 8.916	-U$ 10.010	-U$ 9.454	-U$ 10.580	-U$ 9.957	-U$ 9.333	-U$ 8.710	-U$ 8.710	-U$ 8.710
Varios	-U$ 5.457	-U$ 7.155	-U$ 8.025	-U$ 10.587	-U$ 11.882	-U$ 15.765	-U$ 15.765	-U$ 15.765	-U$ 15.765	-U$ 15.765	-U$ 15.765
	-U$ 110.560	-U$ 121.476	-U$ 131.050	-U$ 144.990	-U$ 157.256	-U$ 175.188	-U$ 176.848	-U$ 178.508	-U$ 180.169	-U$ 182.452	-U$ 184.736
Utilidad bruta	U$ 130.913	U$ 158.700	U$ 147.028	U$ 179.685	U$ 165.201	U$ 203.427	U$ 201.767	U$ 200.107	U$ 198.447	U$ 196.163	U$ 193.880
Amortizaciones, Impuestos y Tasas											
Amortización de inversiones	-U$ 27.077	-U$ 26.061	-U$ 25.119	-U$ 24.243	-U$ 23.426	-U$ 22.662	-U$ 22.662	-U$ 22.662	-U$ 22.662	-U$ 22.662	U$ 0
Ingresos brutos	-U$ 4.821	-U$ 5.876	-U$ 5.876	-U$ 7.161	-U$ 7.161	-U$ 8.728	-U$ 8.728	-U$ 8.728	-U$ 8.728	-U$ 8.728	-U$ 8.728
IVA	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	-U$ 33.304	-U$ 7.201	-U$ 6.787	-U$ 6.372	-U$ 5.893	-U$ 5.413
	-U$ 31.897	-U$ 31.937	-U$ 30.995	-U$ 31.404	-U$ 30.587	-U$ 64.694	-U$ 38.591	-U$ 38.177	-U$ 37.763	-U$ 37.283	-U$ 14.142

Intereses	-U$ 11.688	-U$ 9.351	-U$ 7.013	-U$ 4.675	-U$ 2.338	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Utilidad antes IG	U$ 87.327	U$ 117.412	U$ 109.020	U$ 143.605	U$ 132.276	U$ 138.733	U$ 163.176	U$ 161.930	U$ 160.684	U$ 158.880	U$ 179.738
Impuesto a las ganancias	-U$ 30.564	-U$ 41.094	-U$ 38.157	-U$ 50.262	-U$ 46.297	-U$ 48.557	-U$ 57.112	-U$ 56.676	-U$ 56.239	-U$ 55.608	-U$ 62.908
Utilidad neta	U$ 56.762	U$ 76.318	U$ 70.863	U$ 93.343	U$ 85.979	U$ 90.177	U$ 106.064	U$ 105.255	U$ 104.445	U$ 103.272	U$ 116.830

Tabla de cálculo XII.8 – Proyección del Estado de resultados

Flujos de fondos (en U$)

	nov-09	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020
Flujo Prestamista												
Aportes de Capital	-U$ 77.922	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Pago Amort. Deuda	U$ 0	U$ 15.584	U$ 15.584	U$ 15.584	U$ 15.584	U$ 15.584	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Pago intereses	U$ 0	U$ 11.688	U$ 9.351	U$ 7.013	U$ 4.675	U$ 2.338	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Flujo neto	-U$ 77.922	U$ 27.273	U$ 24.935	U$ 22.597	U$ 20.260	U$ 17.922	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Flujo Inversor												
Aportes de Capital	-U$ 249.705	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Utilidad Neta	U$ 0	U$ 56.762	U$ 76.318	U$ 70.863	U$ 93.343	U$ 85.979	U$ 90.177	U$ 106.064	U$ 105.255	U$ 104.445	U$ 103.272	U$ 116.830
Pago Amort. Deuda	U$ 0	-U$ 15.584	-U$ 15.000	-U$ 15.021	-U$ 15.041	-U$ 15.059	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0	U$ 0
Amort. inversiones	U$ 0	U$ 27.077	U$ 26.061	U$ 25.119	U$ 24.243	U$ 23.426	U$ 22.662	U$ 22.662	U$ 22.662	U$ 22.662	U$ 22.662	U$ 0
Flujo neto	-U$ 249.705	U$ 68.255	U$ 87.379	U$ 80.961	U$ 102.546	U$ 94.346	U$ 112.839	U$ 128.726	U$ 127.917	U$ 127.107	U$ 125.934	U$ 116.830
Flujo Proyecto	-U$ 327.627	U$ 95.527	U$ 111.379	U$ 102.742	U$ 122.099	U$ 111.664	U$ 112.839	U$ 128.726	U$ 127.917	U$ 127.107	U$ 125.934	U$ 116.830

Tabla de cálculo XII.7 – Proyección de los Flujos de fondo

BIBLIOGRAFÍA

- MIDWEST RURAL ENERGY COUNCIL (2000)
  Anaerobic digestion of farm and food processing residues, the development of a sustainable industry. - Good Practice Guidelines.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.mrec.org/biogas/adgpg.pdf

- HILBERT, Jorge A. (2003)
  Manual para la producción de biogás.
  Instituto de Ingeniería Rural (I.N.T.A.) - Castelar.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.inta.gov.ar/iir/info/matriz.htm

- THE AGSTAR PROGRAM (2008)
  A Manual for Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United States.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://counties.cce.cornell.edu/Wyoming/agriculture/programs/anaerobic_digestion/files/AgSTAR_Handbook.pdf

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2002)
  Managing manure with biogas recovery systems: Improved performance at competitive costs.
  The AgSTAR Program.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.epa.gov/agstar/pdf/manage.pdf

- WELLINGER, Arthur (1999)
  Process design of agricultural digesters.
  Ettenhausen: Nova Energie GmbH
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://homepage2.nifty.com/biogas/cnt/refdoc/whrefdoc/d14prdgn.pdf

- SILVA VINASCO, Juan Pablo
  Tecnología del biogás.
  Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf

- NELSON, Carl y LAMB, John (2002)

Final Report: Haubenschild Farms Anaerobic Digester. The Minnesota Project
Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
http://www.mnproject.org/pdf/Haubyrptupdated.pdf

- BURKE, Dennis A. (2001)
  Dairy waste anaerobic digestion Handbook: options for recovering beneficial products from dairy manure.
  Environmental Energy Company.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.makingenergy.com/Dairy%20Waste%20Handbook.pdf

- PORDOMINGO, Aníbal J. (2003)
  Gestión ambiental en el feedlot. - Guía de buenas prácticas
  INTA Anguil
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot/feedlot.pdf

- CAMPOS POZUELO, E.; ILLA ALIBÉS, J.; MAGRI ALLOY, A.; PALATSI SIVIT, J.SOLÉ MAURI F.; FLOTATS RIPOLL, X. (2004)
  Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas.
  Agencia de residuos de Cataluña.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf

- BONMATÍ, A. y MAGRÍ, A. (2007)
  Tecnologías aplicables en el tratamiento de las deyecciones ganaderas: un elemento clave para mejorar su gestión
  GIRO Centro Tecnológico
  Universitat de Girona, Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  https://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/2015/1/2007%20Residuos.pdf

- XIAOMEI, Li y KOTELKO, Mike (2004)
  AN INTEGRATED MANURE UTILIZATION SYSTEM (IMUS): ITS SOCIAL AND ENVIRONMENTAL BENEFITS
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/agriculture/AG056.pdf

- PORTAL DEL INGENIERO AMBIENTAL (2005)
  Energías Alternativas: Biogás
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.ingenieroambiental.com/apunte-biogas.pdf

- CAPPARELLI , Carlos Enrique (2008)
  Fertilizantes CIAFA
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.ciafa.org.ar/informes/extraccion-nutrientes-agosto-2008.ppt

- GRUPO DE INTERCAMBIO TECNOLÓGICO DE EXPLOTACIONES PORCINAS (GITEP) (2006)
  Anuario 2006
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.gitep.com.ar/gen/Anuario%202006.pdf

- PINELLI SAAVEDRA, A.; ACEDO FÉLIX, E.; HERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; BELMAR, R.; BELTRÁN, A. (2004)
  Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas
  CONFEDERACIÓN DE PORCICULTORES MEXICANOS, A.C.
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/6/manual_porcino.pdf

- CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES (CFI) (2007)
  Caracterización del sector porcino argentino
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.cfired.org.ar/Default.aspx?nId=2878

- CÁCERES, María Soledad (2005)
  Perfil descriptivo de la cadena de porcinos
  SUBSECRETARÍA DE POLÍTICA AGROPECUARIA Y ALIMENTOS
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/dma/publicaciones/perspectivas/Perfiles%20descriptivos/Cadena%20de%20carne%20porcina.pdf

- GUERRA, C.; LLOVERAS, M.; GOENAGA, P.; MUÑOZ, R.; GONZALEZ, P. (2005)
  Cadena Porcinos. Plan tecnológico regional 2006-2008: Informe Diagnóstico de Situación.
  INTA
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010, de
  http://www.inta.gov.ar/bn/info/ptr/diagnosticos05/Porcinos.pdf

- METHANE TO MARKETS (2009)
  Resource Assessment for Livestock and Agro-Industrial Wastes - Argentina

Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de http://www.methanetomarkets.org/m2m2009/documents/ag_argentina_res_assessment.pdf

- ASAL , SHAFIK y REMI, MARCUS (2005)
  Biomass energy potential in Argentina
  UNIVERSITE PARIS DAUPHINE

- HUERGO, Héctor A.(2008)
  El biogás no es un globo
  CLARIN
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.clarin.com/suplementos/rural/2008/12/20/r-01825590.htm

- HILBERT, Jorge A. ; PANICHELLI, Luis A. ; FINSTER, Laura ; BERRA , Guillermo ; CRESPO, Diana; GROPELLI, Eduardo (2006)
  ARGENTINA PROFILE: Animal Waste Management Methane Emissions
  METHANE TO MARKETS
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.methanetomarkets.org/m2m2009/documents/ag_cap_argentina.pdf

- UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES Facultad de Ingeniería (2008)
  Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculados a la producción porcina, avícola y bovina (feedlots y tambos)
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/FAC/file/200409_resumenejecutivo_mitigacion_criaconfinado.pdf

- SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA y PESCA (2007)
  Informe de mercado porcino: Perspectivas de oferta y demanda para el año 2007
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/dma/ganaderia/informes/informe_de_mercado_porcino_2007.pdf

- PAPOTTO, Daniel (2006)
  Producción Porcina en Argentina: Pasado, Presente y Futuro
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.inta.gov.ar/Pergamino/info/documentos/2006/Pdo_Pte_Futuro_Papotto.pdf

- WEST, B.S. ; TURNBULL, J.E. (2001)
  Swine manure Systems
  The Canada Plan Service
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  www.cps.gov.on.ca/english/plans/E3000/3700/M-3700L.pdf

- INTI ; INTA; SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE; SAGYP ; METHANE TO MARKETS (2007)
  Desafíos y Estrategias para implementar la digestión anaeróbica en los agro-sistemas. Resumen de las presentaciones
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/foro/final%20proceedings.pdf

- BOSCHI, Carlos Luis (2007)
  Efluentes Ganaderos
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos.shtml

- ALVARADO, Renato (2006)
  Porcinos - Sugerencias y alternativas para la cría de cerdos en confinamiento
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  www.zoetecnocampo.org/coranto/porcinos/EkFFyZlyZpTsWHUDDl.htm

- CIUTAD, José Miguel (2003)
  Proyectando un criadero de cerdos
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  www.vetefarm.com/nota.asp?not=823&sec=8

- MONTANARO, Roberto (2006)
  Granja Porcina en Confinamiento
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  www.engormix.com/granja_porcina_confinamiento_s_articulos_884_POR.htm

- LEONARD, DAVID (1981)
  Cultivos tradicionales
  Recuperado el 7 de Febrero de 2010 de
  http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/custom/portlets/recordDetails/detailmini.jsp?_nfpb=true&_&ERICExtSearch_SearchValue_0=ED307476&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED307476

Otros sitios de interés e Instituciones desde las que se obtuvieron información:

- Secretaría de Energía
  http://energia3.mecon.gov.ar/home/
- Secretaría de agricultura, ganadería, pesca y alimentos.
  http://www.sagpya.mecon.gov.ar/
- SENASA
  http://www.senasa.gov.ar/
- AAPP
  http:// www.porcinos.org.ar/
- ONCCA
  http:// www.oncca.gov.ar/
- INDEC
  http:// www.indec.gov.ar/
- INTA
  http:// www.inta.gov.ar/
- FAO
  http://www.fao.org/index_es.htm
- WIKIPEDIA
  http://www.wikipedia.org/
  Tags: Granja intensiva de cerdos, Biogás, Energías renovables, Fertilizantes orgánicos, CERs, GEIs, Digestión anaeróbica, Tratamiento de efluentes ganaderos, Biodigestor.