

Aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida para la mejora ambiental en áreas de incidencia de la producción porcina en Cienfuegos, Cuba.

Application of the life cycle assessment methodology for environmental improvement in areas of incidence of pig production in Cienfuegos, Cuba.

Mailiu Díaz Peña¹, Diana Clavijo Cabanes², Odeimys Álvarez Rodríguez³ y Reina Dayamí Reyna Reyes⁴

¹- Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Carretera a Rodas, km 4, Cuatro Caminos, Cienfuegos. Cuba. E-mail: mdiazp@ucf.edu.cu

²- Oficina Territorial de Normalización. Cienfuegos. Cuba.

³- Empresa de Desarrollo de Software DESOFT Cienfuegos. Cuba.

⁴- Departamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cuba.

Recibido: 11-X-2013

Aceptado: 21-I-2014

RESUMEN. En esta investigación se evalúa el impacto ambiental del ciclo de vida de la producción porcina en las unidades pertenecientes a Palmira, con el uso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, para elaborar el inventario, identificar y cuantificar el impacto asociado a este sistema producto y valorar variantes de mejora ambiental. Se toma como referencia la NC-ISO 14040, complementándose con el método de evaluación de impacto: Impact 2002+. A partir del desarrollo de las fases del procedimiento aplicado y con el uso de técnicas propias de Ingeniería Industrial; se logra identificar que las categorías de impacto que más inciden en el proceso es el calentamiento global con 92.5% y la categoría de daño climático, principalmente por las emisiones a la atmósfera de metano y de dióxido de carbono, se determinó que la Integral I y el Multiplicador presentan la mayor huella ecológica, se determinaron los principales fallos del sistema para los cuáles se propusieron dos variantes de mejora ambiental, económica y social, justificadas por el aprovechamiento de los residuos porcinos como fuente de energía renovable, disminuyéndose la huella ecológica, y el impacto en un 4.47% como promedio con un biodigestor de 55 m³, y en un 12.63% con dos biodigestores de cúpula fija de 90 m³. Los resultados alcanzados pueden orientar en la toma

de decisiones sobre el aprovechamiento de los residuales porcinos como fuente de energía renovable para mitigar el impacto ambiental y contribuir al aumento de la calidad de vida.

Palabras claves: análisis de ciclo de vida, huella ecológica, biogás, producción porcina.

ABSTRACT. This research evaluates the environmental impact of the life cycle of pig production in the units located in Palmira, using the Life Cycle Assessment methodology, for the inventory, identify and quantify the impact associated with this system product variant and assess environmental improvement. The reference is the NC- ISO 14040, complemented with the impact assessment method: Impact 2002 +. From the development stage, the procedure followed and using techniques of industrial engineering can identify the impact categories that most affect the global warming process, with 92.5%. The category of damage climate change, mainly by emissions of methane and carbon dioxide. Also was determined that the Multiplier and Integral 1 have the highest ecological footprint, identified major system failures and proposed two variants of environmental improvement, economic and social. The proposals justified by the use of pig waste as a renewable energy source, diminishing the ecological footprint and the impact on a 4.47% average with a 55 m³ digester, and by 12.63 % with two fixed dome digesters 90 m³. The results obtained can guide in making decisions about the use of swine waste as a source of renewable energy to mitigate the environmental impact and contribute to increased quality of life.

Keywords: life cycle assessment, ecological footprint, biogas, pig production.

INTRODUCCIÓN

El deterioro que viene sufriendo el medio ambiente afecta seriamente a la naturaleza, en la que se aprecia elevados niveles de: consumo de recursos naturales (incluyendo las tierras fértiles), contaminación de la atmósfera y el agotamiento y/o contaminación de los recursos hidrológicos, todo ello es fruto, principalmente, de la intensa actividad humana (Cardim, 2001).

En el año 2002, los líderes de varios gobiernos del mundo y representantes de la industria y la sociedad civil se reunieron en el encuentro mundial para el desarrollo Sustentable en

Johannesburgo. Uno de los resultados de esta reunión, es un Plan de Implementación para cambiar los patrones no sustentables de consumo y producción. Entre los elementos del plan hay un llamado para: *“mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en salud y medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el análisis de ciclo de vida (ACV)”*. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que permite identificar, evaluar y cuantificar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma global porque considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los vectores involucrados; logrando el desarrollo sostenible y la ecoeficiencia de las producciones y servicios (Suppen & Van, 2007).

En Cuba se ha hecho un gran esfuerzo por la conservación ambiental, aún cuando se ha trabajado para solucionar las dificultades, las limitaciones económicas agravadas por el bloqueo imperialista no han permitido revertir en la magnitud necesaria las deficiencias heredadas, además, el desarrollo vertiginoso de programas económicos no siempre contó con priorizar la solución adecuada respecto al tratamiento de residuales, ha estado influido por falta de conciencia y educación ambiental, inciden además, los problemas regionales o globales como los cambios climáticos. Desde el triunfo de la Revolución se luchó por el desarrollo de una cultura porcina, ya que con anterioridad ésta era muy extensiva y estaba sustentada sobre escasos conocimientos técnicos. Los primeros pasos fueron la importación de animales de diferentes razas especializadas y la construcción de los centros genéticos porcinos (Reyes, 2010).

Actualmente se cuenta con el conocimiento de tecnologías establecidas y en desarrollo para el tratamiento y depuración de prácticamente cualquier tipo de agua residual. Es así como las excretas porcinas, vistas por muchos como un contaminante ambiental de importancia puede generar recursos mediante la utilización de los remanentes orgánicos producto del manejo de porcinos, es una práctica que se ha utilizado poco posiblemente porque no se conoce bien el beneficio que esto trae al suelo, a la población y al ambiente en general (Androvetto, 2003).

En el municipio de Palmira se encuentran tres de las instalaciones porcinas más importantes de la provincia, con el mayor número de animales: Integral I, Integral II y el Multiplicador. El

Multiplicador cuenta con 13 naves de ellas 4 son de reproducción, 3 de maternidad y 6 de preceba, con un total de 1933 animales como promedio en el mes, siendo esta la unidad más pequeña. La Integral I y II tienen 26 naves cada una, de ellas 8 son de reproducción, 6 de maternidad y 12 de preceba, con un promedio mensual de 4948 y 3966 animales respectivamente. Cada unidad tiene su sistema de tratamiento de residuales líquidos constituido por lagunas de oxidación, y en el caso de la Integral II tiene además 8 lechos de secado y dos trampas de sólidos.

El ciclo de vida de la producción porcina genera como promedio a la atmósfera:

25 l de residual líquido diario para un animal de 90kg.

2.25 kg de excreta sólida por día para un animal de 50 kg.

0.968 kg de Demanda Biológica de Oxígeno para un animal de 100 kg.

La excreta porcina genera emisiones al aire:

60% de metano (CH₄).

40% de dióxido de carbono (CO₂).

3% de amoníaco (NH₃).

1% de sulfuro de hidrógeno (SH₂).

Debido a su alta concentración de materia orgánica y los grandes volúmenes de agua que se manipulan, estas instalaciones son un foco contaminante que afecta las aguas terrestres y marinas; siendo los mayores contaminadores por materia orgánica de la Cuenca Salado, que desemboca en la bahía cienfueguera. Este impacto ambiental no está cuantificado ni están identificadas las categorías de impacto y de daño que están siendo afectadas.

La investigación tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida en la producción porcina aplicando la metodología de análisis de ciclo de vida en las unidades pertenecientes a Palmira en el año 2011.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que se divide en cuatro etapas (Fig. 1), definición del objetivo y alcance, análisis del inventario del ciclo de vida, evaluación del impacto del ciclo de vida y análisis de mejoras. El método de evaluación que se utilizó fue el Impact 2002+, con el empleo del software SimaPro v. 7.1, metodología originalmente desarrollada en el Instituto Suizo Federal de Tecnología, que propone una implementación factible de una aproximación combinada de categorías de punto intermedio y daños.

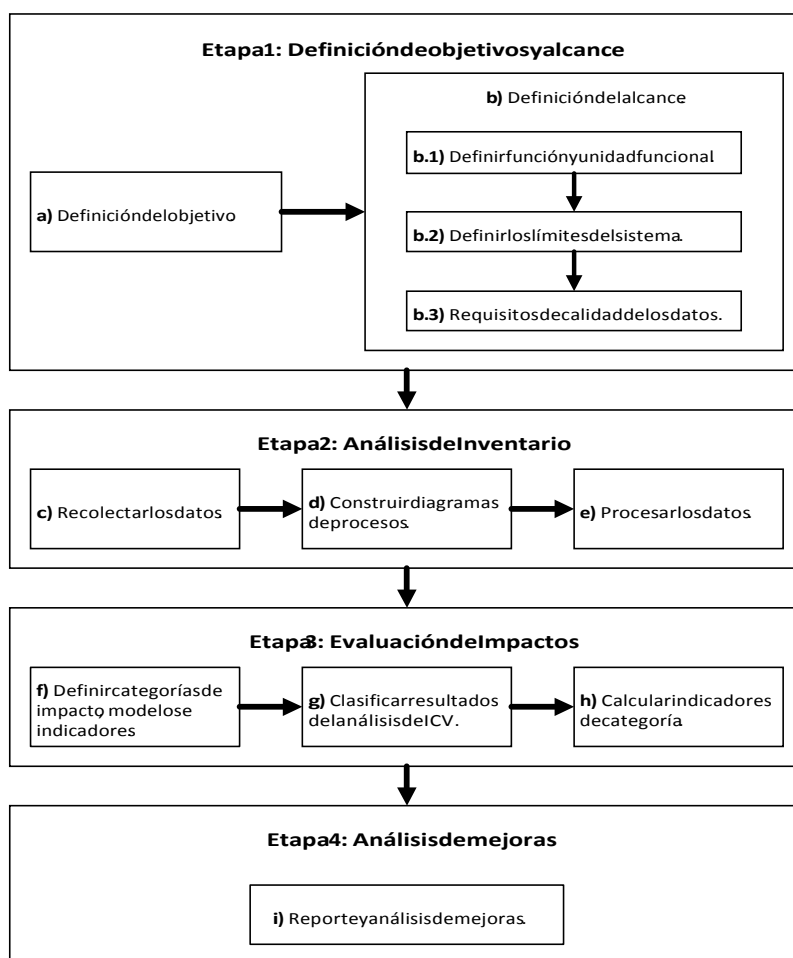


Figura 1. Etapas de la metodología ACV (Díaz, 2009).

Para la caracterización se utilizó la fórmula:

$$S_j = \sum Q_{ji} m_i^i$$

Donde:

S_j : Resultado del indicador j : Categoría de impacto

m_i : Tamaño de la intervención de tipo i (masa de una sustancia emitida)

Q_{ji} : Factor de caracterización que relaciona la intervención i con la categoría j .

En la ponderación se emplearon los valores de los ecoindicadores, y se tomó como base el punto Ecoindicador (Pt), donde el valor de 1 Pt representa la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio.

Para calcular la huella ecológica se utilizó la metodología de cálculo de la huella ecológica de Doménech (2006), teniendo en cuenta el comportamiento de dos variables: la productividad y el consumo, cuya relación se obtuvo de forma directa en el caso de los recursos bióticos. La productividad utilizada es la global y no la local, pues en las unidades porcinas no sólo se utilizaron productos de origen local sino que consumen productos de diferentes regiones o países. Se incluyó el consumo de energía, insumos, tierra, y superficie construida.

Se aplicó la técnica de la Metodología de la Investigación cualitativa Delphi, para determinar el criterio de expertos sobre el impacto ambiental del proceso productivo. Para medir el grado de concordancia de los expertos se procesó la información con el paquete estadístico SPSS v. 15.0, y se tuvo en cuenta el criterio:

Si $W = 0$ No hay comunidad de preferencia.

Si $W = 1$ Existe concordancia perfecta.

En la determinación de la comunidad de preferencia de los expertos se plantearon las hipótesis:

H_0 : No hay comunidad de preferencia entre los expertos.

H_1 : Existe comunidad de preferencia entre los expertos.

El valor de probabilidad se comparó con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$), tomando como criterio que si Valor de $P < 0.05$ se acepta la hipótesis alternativa. Los fallos detectados se representaron en un gráfico de Pareto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Funciones del sistema estudiado son las toneladas de carne que se suministra a los clientes: empresas del MINAL, y del MINAG (Acopio), y empresa de gastronomía, siendo la unidad funcional de este Análisis del Ciclo de Vida una tonelada de cerdo, según la información de las unidades Integral I, Integral II y Multiplicador. Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas debido a los medicamentos, medios de transporte para la distribución de los animales, utensilios empleados para la manipulación en las naves y el uso final de los residuales. Se ha incluido los sistemas de tratamiento de residuales como parte del proceso debido a las afectaciones que generan los residuos al medio ambiente perteneciente al municipio de Palmira. El horizonte temporal considerado es el año 2011.

En el inventario del proceso de la producción porcina, se recogen todas las materias primas, el uso de energía, agua, desinfectantes y las salidas o emisiones que intervienen en el ciclo de vida estudiado. Este ciclo consta de cuatro etapas: Gestación, Maternidad, Desarrollo y Crecimiento, y Engorde.

Cada unidad tiene su sistema de tratamiento de residuales líquidos constituido por lagunas de oxidación, y en el caso de la Integral II tiene además 8 lechos de secado y dos trampas de sólidos.

En la evaluación de impacto ambiental del ciclo de vida de la producción porcina, teniendo en cuenta los procedimientos de análisis descritos (Díaz, 2009), para una tonelada de producto se

ha determinado que la categoría de impacto que más incide en el efecto global es el calentamiento global con un 92.5 % (Fig. 2), dado principalmente por las emisiones de metano y dióxido de carbono.

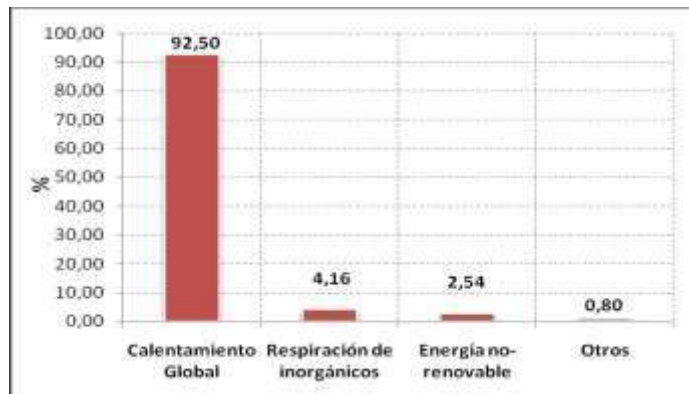


Figura 2. Categorías que más contribuyen al efecto global.

En la Fig. 3 se muestra que las categorías que más contribuyen al efecto local son la eutrofización acuática con un 65.61 %, la acidificación acuática en un 18.69 %, la acidificación y nutrificación acuática en un 7.74%, la ecotoxicidad terrestre en un 5.33% y la ecotoxicidad acuática en un 2.64% (Díaz, 2009).

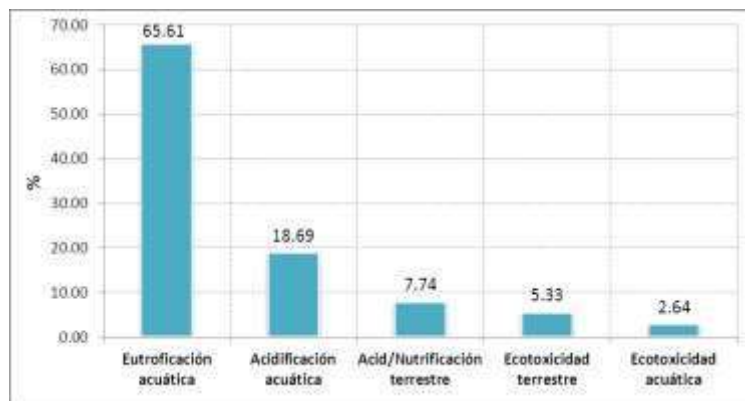


Figura 3. Categorías que más contribuyen al efecto local.

Las emisiones al agua, están dadas principalmente por la Demanda Química de Oxígeno en un 193.02kg, 129.11 kg de sólidos totales y 109.74kg de Demanda Biológica de Oxígeno.

Los resultados anteriores están en correspondencia con lo planteado por el Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras (2009) sobre los malos olores que generan el mal manejo de las excretas y de alimentación de los cerdos, los lixiviados que se pueden producir que contaminan cuerpos de agua e incrementan los procesos de eutroficación, y el nitrógeno liberado a la atmósfera contribuye a las lluvias ácidas; además Mariscal (2007) plantea que el principal problema ocasionado por las excretas es la contaminación química debida a la excreción de grandes cantidades de nitrógeno (en forma de nitratos), fósforo y potasio.

La comparación del impacto ambiental de las tres unidades, según la producción promedio mensual que presentan las mismas, (Fig. 4) se determinó que la Integral I es la unidad que presenta un mayor impacto a las categorías evaluadas principalmente a la categoría de calentamiento global.

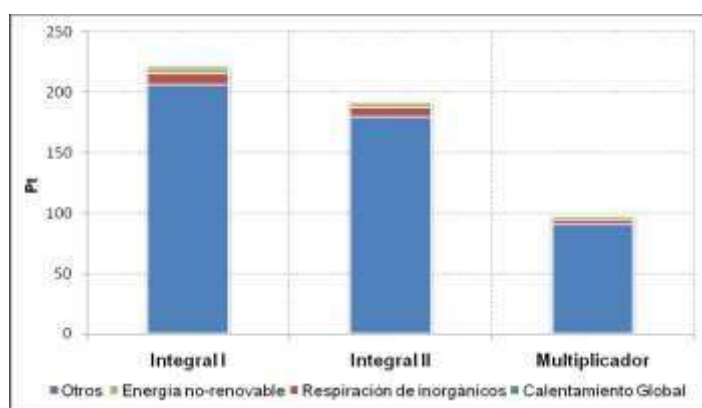


Figura 4. Ponderación por categorías de daño con el método Impact 2002+.

Como resultado del cálculo de la huella ecológica se determinó que las unidades de producción porcina de mayor huella son la Integral I y el Multiplicador, con la relación que tienen de insumos y salidas, siendo los mayores valores la sub-huella de energía y de tierra (Fig. 5).

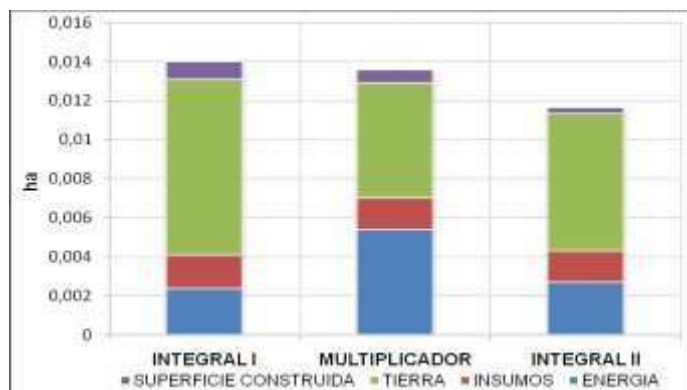


Figura 5. Representación de la huella ecológica en las tres unidades porcinas.

Como resultado del procesamiento, en la Integral I, 13 de los 20 candidatos a expertos se evaluaron de “alta competencia” en este tema, 6 candidatos se evaluaron de “competencia media” y 1 se evaluó de “competencia baja”, en la Integral II, 13 de los 20 candidatos a expertos se evaluaron de “alta competencia” en este tema, 5 candidatos se evaluaron de “competencia media” y 2 se evaluaron de “competencia baja” y en el Multiplicador, 13 de los 20 candidatos a expertos se evaluaron de “alta competencia” en este tema, 5 candidatos se evaluaron de “competencia media” y 2 se evaluaron de “competencia baja”.

En la Integral I se obtuvo un W de Kendall con un valor de 0.77, en la Integral II 0.75 y en el Multiplicador 0.76, lo que evidencia que existe concordancia entre los expertos, y se acepta la hipótesis alternativa de que existe comunidad de preferencia para un $\alpha=0.05$.

Este análisis permitió determinar las principales deficiencias que presenta el proceso productivo en cada de una de las unidades las cuáles son:

- No aprovechamiento de los residuos
- No se realiza la limpieza de las lagunas
- Mal estado de las conexiones hacia los tratamientos
- No se controla el uso de la energía
- No se cuenta con trampas de sólidos eficientes

- No se controla el agua que se abastece

Se representaron los fallos en un diagrama de Pareto (**Fig. 6**), a partir del cual se determinó el orden de prioridad de cada fallo, siendo el no aprovechamiento de los residuos, la falta de limpieza de las lagunas y el mal estado de las conexiones hacia los tratamientos los más significativos del sistema.

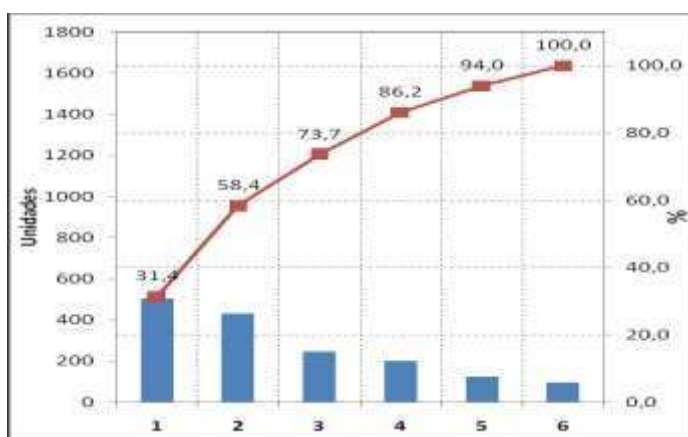


Figura 6. Diagrama de Pareto de los principales fallos (eje X) determinados.

Análisis de mejora ambiental

Variante I

Se recomienda aprovechar los residuales sólidos y líquidos de origen animal para la producción de biogás en un biodigestor con capacidad de 55 m³, manteniendo el flujo tecnológico del sistema.

Con la aplicación de esta variante se dejarían de emitir anualmente a la atmósfera:

- 315.36 t de Metano
- 210.24 t de Dióxido de Carbono

- 15.77 t de Nitrógeno e Hidrógeno
- 5.26 t de Sulfuro de Hidrógeno

En la **Tabla 1** se muestra los resultados económicos calculados, los que demuestran que la inversión se pudiera recuperar en menos de un año y el Valor Actual Neto es superior a los \$400000.00.

Tabla 1. Resultados económicos de la Variante I.

	Integral I	Integral II	Multiplicador
VAN (\$)	927699.29	888956.04	486517.49
TIR (% mensual)	10.10	26.80	12.36
IR	14.03	37.26	17.15
PRI descontado	9,52 meses	3,76 meses	7,82 meses
PRI real	9,24 meses	3,72 meses	7,63 meses

Variante II

La variante I disminuye el impacto ambiental y la inversión puede recuperarse en poco tiempo, pero si se construye dos biodigestores de cúpula fija de 90m³ en cada unidad el gas sobrante se podría utilizar indistintamente para el calentamiento de las crías, calentamiento del agua de los filtros sanitarios, etc. Además de permitir la cocción de alimentos para los trabajadores y los cerdos.

Con la aplicación de la variante II se dejarían de emitir anualmente a la atmósfera:

- 1166.4 t de Metano
- 777.6 t de Dióxido de Carbono
- 58.32 t de Nitrógeno e Hidrógeno
- 19.44 t de Sulfuro de Hidrógeno

Lo antes planteado representa una disminución de las emisiones en un 4.47% como promedio para la variante I, y aproximadamente en un 12.63% para la variante II, disminuyéndose así mismo la huella ecológica específicamente la huella de carbono por dejarse de emitir en un año más de 200 t de CO₂, al aprovecharse los residuales líquidos y sólido, mejorarse los sistemas de tratamientos cumpliendo con el proyecto técnico propuesto y con una mejora en las conexiones (Fig. 7).

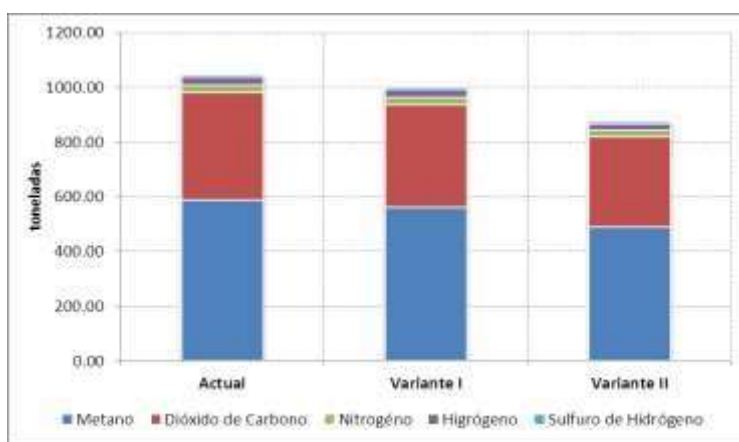


Figura 7. Representación de la disminución de las emisiones con las variantes propuestas.

Con la realización de la variante II, las unidades porcinas obtendrían ahorros generados por la utilización del biogás para la cocina por un valor total de \$48000.00 al no tener que utilizar la madera como fuente de energía.

En la **Tabla 2** se evidencia la factibilidad económica de esta variante al recuperarse la inversión en un año aproximadamente con un Valor Actual Neto superior a los \$440000.00.

Tabla 2. Resultados económicos de la variante II.

	Integral I	Integral II	Multiplicador
VAN (\$)	879622.12	840878.69	440058.06

TIR (% mensual)	6.86	11.96	5.60
IR	9.72	16.54	8.05
PRI descontado	11,97 meses	8,10 meses	13,22 meses
PRI real	11,41 meses	7,89 meses	12,66 meses

Estas propuestas están en correspondencia con lo planteado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, específicamente en el lineamiento 247 que plantea potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, fundamentalmente la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico; y con el lineamiento 135 que establece definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas.

Además de las variantes propuestas se recomienda a la dirección de las unidades sembrar árboles frutales y forrajeros entre las naves, lo que pudiera contribuir a disminuir la huella ecológica por la absorción del CO₂ emitido por la producción porcina, mantener la temperatura en las naves y aportar otra fuente de alimento animal y humano.

Beneficios de las variantes evaluadas

Beneficios ecológicos:

- Elevación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales a bajo costo, contribuyendo a la disminución de carga contaminante vertida.
- Sustitución de leña, por gas, que previene en gran medida la destrucción de los bosques. Se ha calculado que 1m³ de biogás utilizado para cocinar evita la

deforestación de 0,335 ha de bosques con un promedio de 10 años de vida de los árboles.

- Obtención de 18.3 m³/día y 12.6 m³/día de gas para cocinar protege el área boscosa, pues se dejan de talar 6.13 y 4.22 Ha/día y se dejan de quemar 496 m³ de madera al año.
- Disminuye la emisión a la atmósfera de Dióxido de Carbono (CO₂) y Metano (CH₄), gases causantes de efecto invernadero, por no usar combustibles fósiles y leña.
- Los estiércoles que generan de forma natural los gases metano y monóxido de nitrógeno, cuyo efecto invernadero es respectivamente 20 y 320 veces mayor que el del CO₂ y que se vaporan a la atmósfera, son recogidos y reciclados en los biodigestores.
- Mejora los suelos afectados con aplicación de bioabono.
- Mejora las condiciones higiénico-sanitarias del medio circunlante.

Beneficios económicos:

- Ahorro por concepto de tala y transportación de leña.
- Ahorro por concepto de salarios para la tala y transportación de leña.
- Obtención de ton/año de bioabono de alta calidad, que sustituye los fertilizantes químicos.
- Mejora de la calidad y aumento de rendimientos agrícolas.(Productos ecológicos)
- Ahorro de agua potable para riego de los cultivos.
- Aumento de la disponibilidad y calidad de alimentos (plantas acuáticas y lombrices) a ofertar a los animales.

Beneficios sociales:

- Ahorro de portadores energéticos con la construcción de fuentes de energía renovables, que benefician a comedores obreros, etc.
- Capacitación de obreros, técnicos, profesionales y dirigentes del país en la construcción, puesta en marcha y explotación de las plantas de biogás durante su ejecución.

- Mejora la calidad de vida de los usuarios a partir de la disponibilidad de una fuente energética de bajo costo, que sustituye el uso de leña y keroseno.
- Humanización del trabajo de las mujeres, que elaboran los alimentos.
- Posible fuente de empleo para producción de humus, horticultura y floricultura, que genera nuevos ingresos.
- Cantidad de personas beneficiadas con el biogás por las plantas construidas.

Los resultados alcanzados pueden orientar a los responsables a tomar decisiones sobre los beneficios de la implementación de esta tecnología como una de las variantes para el tratamiento de residuales porcinos en el territorio de la provincia de Cienfuegos.

CONCLUSIONES

Se elaboró el inventario del ciclo de vida de la producción aproximada para una tonelada porcina, con la cuantificación de las entradas y salidas del sistema producto de las unidades Integral I, Multiplicador y la Integral II.

Se identificó que la categoría de impacto que más incide en el efecto global es el calentamiento global con un 92.5 % y la categoría eutrofización acuática es la que más contribuyen al efecto local con un 65.61 %; sien la unidad Integral I la que presenta el mayor impacto en las categorías evaluadas y la de mayor huella ecológica.

Se determinó que las mayores deficiencias del sistema son el no aprovechamiento de los residuos, la falta de limpieza de las lagunas y el mal estado de las conexiones hacia los tratamientos de residuales.

Se evaluaron dos variantes de mejora ambiental, económica y social, justificadas por el aprovechamiento de los residuos porcinos como fuente de energía renovable, disminuyéndose el impacto en un 4.47% como promedio para la variante I, y en un 12.63% con la segunda variante, y a su vez la huella ecológica.

REFERENCIAS

- Androvetto Villalobos, E. (2003). Diseño y Operación de un Modelo para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la Granja Porcina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. San Carlos de Guatemala.
- Cardim de Carvalho Filho, A. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. Doctorado en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- CNP+LH, C. N. D. P. M. L. D. H. (2009). Guía de Producción más limpia para la producción porcina (AGA & Asociados.). República de Honduras.
- Díaz Peña, M. (2009). "Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA". Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Cienfuegos.
- Doménech Quesada, J. L. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. *Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa*. Retrieved from www.caei.com.ar/es/programas/recursosn/10.pdf.
- Mariscal Landín, G. (2007). Tratamiento Excretas Cerdos. Retrieved from www.produccionanimal.com.ar.
- NC-ISO 14 040. (1999). "Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura".
- NC-ISO 14 041. (2000). "Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance, y análisis del inventario".
- NC-ISO 14 042. (2001). "Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida".
- NC-ISO 14 043. (2001). "Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de la NC-ISO 14041 para la definición del objetivo y alcance y análisis del inventario".
- Reyes Gil, V. D. L. M. (2010). "Producción porcina y el medio ambiente", en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 135, 2010. Retrieved from <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2010/vmrg.htm>.
- Suppen, N., & van Hoof, B. (2007). Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño. Retrieved from www.lcamexico.com