APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS EN RASTROS Y MATADEROS MUNICIPALES: EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA

Donaji A. Martínez Hernández, Arlem M. Castañeda Sánchez, Erika García Galeana

Actualmente el tratamiento de los desechos sólidos y líquidos en los rastros y mataderos municipales es poco pues se tiene la idea de que el tratamiento es costoso; sin embargo, es importante que se aprovechen ya que esto puede reducir los impactos ambientales que provocan, así como la emisión de gases de efecto invernadero.

El uso de biodigestores para el tratamiento de estos desechos, se ha convertido en un proceso eficiente para evitar la salida de gas metano a la atmósfera, aprovechando el biogás y otros residuos para producir electricidad.

La elaboración de una evaluación técnico – económica de una planta piloto, muestra los costos de inversión, mantenimiento, así como los ingresos que se pueden obtener por el aprovechamiento total de estos residuos y el ahorro en el consumo de energía eléctrica.

El análisis de este estudio demuestra que el uso de biogás a través de biodigestores para la generación de energía eléctrica, es una opción rentable para el tratamiento de los residuos, pues el ingreso por la venta de composta, harina de sangre, así como la disminución de la tarifa eléctrica, justifican la inversión inicial.

Estos proyectos, serán más atractivos, si utilizan financiamientos y se inscriben como proyectos MDL.

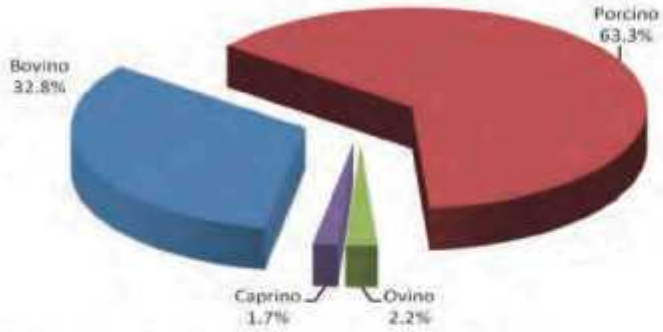
INTRODUCCIÓN

Los rastros y mataderos municipales producen residuos sólidos y líquidos, que en la actualidad provocan un impacto ambiental considerable en mantos acuíferos, ríos, lagunas; y por lixiviación en suelos, además de malos olores, proliferación de fauna nociva entre otros. Estos residuos no deben considerarse como basura pues de aprovecharlos tendríamos una producción energética importante. De manera que, además de contribuir con un menor impacto ambiental, se favorece a la mitigación en la producción de gases de efecto invernadero que generan los residuos orgánicos que se descomponen al aire libre a través de un proceso aeróbico, disminuyendo así el calentamiento global; por otra parte, el aprovechamiento eficiente del contenido orgánico de estos desechos podrían satisfacer las necesidades energéticas del rastro o matadero.

RASTROS Y MATADEROS EN MÉXICO

Un rastro es donde se sacrifican animales que posteriormente serán consumidos por la población como alimento, tiene una capacidad promedio de 28 cabezas de ganado mayor, 56 cabezas de ganado menor, 1000 aves domésticas y una combinación tomando las equivalencias 2 cabezas de ganado menor a 1 cabeza de ganado mayor y de 35 aves a 1 cabeza de ganado mayor, mientras que el matadero es una planta con capacidad menor a la del rastro. El ganado mayor es equivalente a un bovino adulto o a un caballo adulto, el ganado menor equivale a ovinos, caprinos y porcinos. El ganado sacrificado en 2007, se distribuye como se muestra en la Figura I.

Residuos aprovechables



Fuente: Los autores a partir de cifras del INEGI, 2008.

Figura I Porcentaje de cabezas sacrificadas en 2007.

Los pasos para el tratamiento de agua en un rastro son: la separación de los residuos, el tratamiento de los residuos como son compostaje, biodigestión, planta de rendimiento, relleno sanitario, incineración y encalar y enterrar (Tabla 1).

Compostaje: tierra vegetal que se forma por la degradación biológica aeróbica de materia orgánica y se usa como fertilizante natural, proceso que toma de 6 a 12 semanas.

Biodigestión: donde se produce el biogás, está sujeto a factores externos como la calidad de los residuos, temperatura, porcentaje de sólidos y tipos de bacterias.

Relleno sanitario: en este se compactan los residuos sólidos para generar gas metano.

Incineración: es la combustión de residuos; después de este proceso las cenizas aún pueden ser aprovechadas en los rellenos sanitarios.

Encalar y enterrar: los residuos se deben enterrar a una profundidad de al menos medio metro, deben cubrirse con una capa delgada de cal y debe estar a más de 15 metros de algún pozo o cuerpo de agua y fuera de zonas propensas a inundaciones.

Tabla 1 Opciones de manejo de residuos

	Compostaje	Biodigestión	Planta de rendimiento	Relleno Sanitario	Incineración, Encalar y enterrar
Sangre		✓	✓		
Heces, Residuos de Alimentos, Contenido gástrico/ ruminal	✓	✓			
Grasa y pedacería	✓	✓	✓		
Cuernos, pezuñas y otros no comestibles			✓	✓	
Organos decomisados y Animales Muertos					✓

Fuente: DGG, 2005.

Fuente: Los autores a partir Bonilla M, 2007.

Figura II Proceso de tratamiento de aguas residuales.

CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio está basado en una recopilación de varios artículos técnicos de estudios de biodigestores, co-digestión[1] de sustratos y caracterización de rastros a nivel federal, que son aplicados a un rastro especifico del Estado de Veracruz.

Desarrollaremos la propuesta de una planta piloto de un biodigestor tanto con sus análisis técnicos como económicos. Una mezcla homogénea de dos o más sustratos que es sometida a un proceso de digestión.

Análisis Técnico

Los datos para realizar el análisis técnico se obtuvieron de una encuesta realizada, entre octubre y diciembre de 2003, a los rastros que proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes, que totalizaron 259 municipios[2]. Estos municipios corresponden a todos los estados del país con excepción del Distrito Federal que no posee rastro.

Para el caso de estudio se aplicaron estos datos a un rastro en específico, Tierra Blanca, cuya información se consultó como parte del proyecto: Diagnóstico y análisis de la comercialización de bovinos destinados para el abasto en la Región del Papaloapan, Ver. (Tabla 2). Se desarrolló durante el año 2007 un estudio para caracterizar este segmento de la cadena, en el cual se abordó el esquema de comercialización tradicional; se visitaron los establecimientos para sacrificio de ganado destinado al abasto en los cuales se pudo identificar sus características y limitantes.[3]

Tabla 2 Sacrifico de Ganado Bovino en la Región del Papaloapan, Veracruz; por tipo de rastro y municipio

Municipio	Tipo de Rastro	No. Bovinos sacrificados/año
Tierra Blanca	Tipo Inspeccion Federal	60,082
Isla	Tipo Inspección Federal1	7,836
Alvarado	Rastro Municipal	7,180
Carlos A. Carrillo	Rastro Municipal	4,529
Tierra Blanca	Rastro Municipal	2,256
Angel R. Cabada	Rastro Municipal	1,059
Lerdo de Tejada	Rastro Municipal	1,036

Fuente: DGG, 2005.

El sacrificio del ganado para la obtención de carne a nivel nacional, se realiza principalmente en rastros municipales; no obstante, en los últimos años hubo un incremento en el número de animales procesados en rastros tipo TIF; en este tipo de rastros existen estrictas inspecciones sanitarias, mejores prácticas de insensibilización antes del sacrificio y cuenta con una cadena de frío presente durante el procesamiento y transporte de la carne.[4]

Tabla 3 Datos de Insumos y Salidas en la Insensibilización y Sacrificio de Bovinos.

Especie	Insumos	Salidas	
Bovino (peso vivo promedio 250 kg)	Agua 7 litros	Peso de la canal	238 kg
		Sangre	12 litros
		Agua residual	7 litros
		DBO_5	200,000 mg/L

Fuente: DGG, 2005.

La separación y recuperación de la sangre es muy importante ya que es el residuo más contaminante del agua, sin embargo, no es un procedimiento rutinario. El aprovechamiento de la sangre en una planta de rendimiento genera un beneficio al ambiente; además, puede obtenerse un beneficio económico al procesarse y obtener subproductos.

Si la sangre es desechada en el agua, los procesos posteriores de tratamiento tendrán menor eficacia, ya que la presencia de sangre disminuye su efectividad, sobre todo en los procedimientos de coagulación. También contribuye a incrementar la cantidad de nitrógeno en el afluente, lo que tiene implicaciones serias ya que un tratamiento posterior en el cuerpo de agua, o en el drenaje, no lo remueve y puede llegar a causar eutrificación.[5]

Previo a la remoción de la piel se cortan la cabeza, las pezuñas y la cola. La remoción del cuero se hace de manera manual, o mediante un mecanismo neumático o hidráulico.

1 Mezcla homogénea de dos o más sustratos que es sometido a un proceso de digestión. 2 Porchietto M. et al, 2006. 3 DGG, 2005. 4 Ídem. 5 Proceso natural de envejecimiento de agua estancada o de corriente lenta con exceso de nutrientes.

Tabla 4 Datos de Insumos y Salidas en la Remoción de Cuero en el Ganado Bovino.

Insumos		Salidas	
Canal desangrada de bovino	238 kg	Canal de bovino sin piel	207 kg
		Cuero	15 kg
		Cabeza, pezuñas, cola, etc.	16 kg
Agua	5 Litros	Músculos subcutáneos	3 kg
		Agua residual	5 Litros
		DBO_5	10,000 mg/L

Fuente: Porchietto M. et al. 2006.

Las vísceras, una vez identificadas, son recolectadas, separadas en vísceras verdes y rojas, así como transportadas a la zona de inspección. Es de suma importancia, previo al lavado, separar el contenido gástrico e intestinal para evitar que se elimine a través del agua residual. El rumen es un caso particular por su gran tamaño y contenido de alimento no digerido. Tiene una capacidad aproximada de 36 a 45 kg que incluye alimento, líquidos y microorganismos. El contenido ruminal se utiliza, ocasionalmente, para elaborar alimento para mascotas o abono para plantas, debido a su alto contenido de nutrientes.

Las Tablas 3, 4, 5 y 6, nos indican la cantidad de sólidos orgánicos obtenidos en cada etapa, junto con la cantidad de agua[6] utilizada.

Tabla 5 Datos de Insumos y Salidas de la Evisceración y Corte de la Canal.

Especie	Insumos	Salidas	
Canal de res sin cuero 207 kg	Agua 100 litros	Canal de bovino eviscerada y partida	125 kg
		Tracto gastrointestinal	60 kg
		Pedacería y órganos comestibles	9 kg
		Subproductos	12 kg
		Agua residual	100 Litros
		DBO_5	1,200 mg/L

Fuente: Porchietto M. et al. 2006.

Datos importantes que tomaremos como base para la caracterización de la obtención del biogás.

Determinación Potencial de Biogás. Para determinar el potencial de biogás utilizaremos los datos proporcionados por el estudio: Evaluación de los Rastros y Mataderos Municipales que caracterizan a un rastro promedio en México, así como también del artículo en el que se encontraron los datos del rastro que es caso de estudio, Tierra Blanca, anteriormente descrito. Asimismo nos basaremos en un proyecto boliviano denominado: Producción Anaeróbica de Biogás, Aprovechamiento de los Residuos de Matadero y Mercado, de donde obtendremos los datos necesarios que nos indican la cantidad de biogás obtenida en el digestor de acuerdo con la combinación de sustrato utilizado y otros datos requeridos posteriormente analizados.

Los residuos que se utilizaran son el rumen, residuos de panza e intestinos, estiércol, residuos de frutas y verduras de mercado, ya que estos pueden ser tratados mediante co-digestión anaeróbica, obteniéndose así una mejor calidad de residuos.

Tabla 6 Datos de Insumos y Salidas del Procesamiento del Gastrointestinal

Especie	Insumo	Salida	
Bovinos	Tracto gastrointestinal 30 kg	Tracto gastrointestinal lavado	Alrededor de 30 kg
	Agua 300 – 500 litros	Agua residual	300 – 500 Litros
		DBO_5	3,000 – 3,333 mg/L*
	Contenido ruminal 50 kg	Líquido ruminal	10 kg
		Contenido ruminal sólido	40kg
	Agua 200 Litros	Agua residual	200 Litros
		DBO_5	2,500 mg/L

Fuente: Porchietto M. et al. 2006.

La temperatura promedio a la que se dio este proceso es 36 °C. La presión atmosférica fue de 760 mm Hg. El proceso es semicontinuo y en condiciones mesofilícas se utilizan entre 40 a 50 días de tiempo de retención.

De acuerdo con los numerosos estudios experimentales realizados en el estudio boliviano, la máxima producción de metano y biogás en pruebas de proceso semi-continuo se logró utilizando un sustrato compuesto por: Mezcla triple (E3), (17% estiércol, 66% residuos rumen, intestinos, 17% frutas y verduras), con una agitación: Intermitente 60 rpm (10 min seguido de 20 sin agitación). Los resultados obtenidos fueron:

Biogás: 163.64 l /kg residuo
Metano: 65.97 l/ kg residuo

Los resultados aplicados al Rastro tipo TIF, Tierra Blanca, nos arroja los siguientes datos por cabeza de ganado mayor:

12 litros de sangre para producción de harina, 70 kg sóli-

6 El mejor indicador de la calidad del agua residual es la concentración de materia orgánica que se expresa, comúnmente, como demanda química de oxígeno (DQO o COD por sus siglas en inglés Chemical Oxygen Demand), o como Demanda Bioquímica de Oxígeno al día 5 (DBO5 o BOD5 por su nombre en inglés).

dos de tracto gastrointestinal y contenido ruminal, 16 kg de residuos, cabeza, cola y patas, 812 litros por cabeza de agua contaminada y 12 kg de estiércol.

Entonces para formar la mezcla que comprenderá el sustrato según los porcentajes necesarios, se requiere por cada cabeza:

70 kg residuos de matadero 66 %
18 kg residuos frutas y verduras 17%
18 kg estiércol 17 %
106 kg Total 100 %

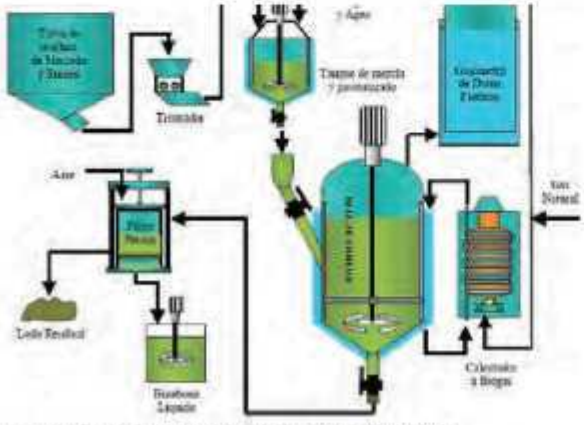
Con lo que se obtendrá por cabeza al día, Biogás: 17,345 litros ó 17.3 m^3 y de Metano: 6,992 litros ó 7 m^3.

El biogás obtenido tendrá un poder calorífico neto de 5,975Kcal. /m^3 y el del metano de 8,843 Kcal/m^3 aproximadamente.

Si consideramos que el rastro Tierra Blanca, faena anualmente 60,082 bovinos, diariamente se sacrifican alrededor de 164 cabezas.

Al año con el uso del biodigestor en el rastro se obtendrá[7] un total de **Metano de: 419,020 m3 ó 286,525 kg.**

Composición del Residuo Obtenido. El digestato o residuo del proceso de digestión anaeróbica retiene los contenidos de N, P, y K de la alimentación. El líquido filtrado del digestato contiene 45% del N, 22% del P y 63% del K, el que siguiendo experiencias de países europeos puede ser utilizado sin riesgo como fertilizante.



Fuente: Universidad Mayor de San Andrés, 2004.

Figura III Esquema de una planta de biodigestión.

El residuo sólido resultado del filtrado puede ser utilizado como materia prima en el proceso de composta por su contenido de materia orgánica. La sangre obtenida es llevada a un proceso por el cual se elabora harina.

Tabla 7 Generación de electricidad con Motogenerador marca Guascor.

Concepto	Cantidad	Unidad
Poder calorífico del CH	50.00M	J/kg
Motogenerador	336	Kw
Eficiencia del motor	38	%
Energía Producida	8.064	kW-hr día
Energía Producida	2.943.360	kW-hr año

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

Características de la Planta de Biodigestión. El proceso general consta de las siguientes operaciones, que son mostradas en la Figura III: almacenaje de materia prima, pre-tratamiento de cosubstratos, reducción de tamaño de la partícula, remoción de metales, vidrios, piedras, etc., homogenización mezcla, esterilización, digestión anaeróbica, pos-tratamiento, almacenaje de biogás, separación sólido-líquido del digestato.

Tabla 8 Generación de electricidad con Microturbina marca CAPSTONE.

Concepto	Cantidad	Unidad
Poder calorífico del CH_4	50.00M	J/kg
Microturbina	200	kW
Eficiencia del motor	33	%
Energía Producida	4.800	kW-hr día
Energía Producida	1.752.000k	W-hr año

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

Determinación Potencial de Generación Eléctrica por Tecnologías Viables. En cuanto a la producción de electricidad se obtiene 0.930 MW combustible y se pueden utilizar motogeneradores o microturbinas[8] diseñados para la quema de gas metano las cuales tienen una eficiencia de energía eléctrica del 38% para motogeneradores marca Guascor y 33% para la microturbina marca Capstone, que producirán entonces: 353 kWe[9] y 307 kWe, respectivamente Tablas 7 y 8.

Análisis Económico

Costos del Biodigestor. La Tabla 9 presenta una aproximación a los costos del sistema de biodigestión. Se han escalado los precios de una planta de menor capacidad a una de la capacidad requerida para la cantidad de residuos anteriormente analizados.

7 Balance de Carbono. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. Francisco J. Cervantes. Junio 2006, 8 Se consideraron las tecnologías de genera ción eléctrica existentes en el mercado en México, 2008. 9 Potencia eléctrica kilo-watts eléctricos

Tabla 9 Costos de inversión del Biodigestor.

Concepto	$
4 Tolvas de almacenamiento	480,097
Balanza	40,620
Homogeneizador/pasteurizador	480,803
Calentador de agua (Termotanque)	70,000
Compresora	30,500
Reductor de tamaño a cuchillas	210,000
Biorreactor con sistema de control y medición vía PC	1,230,323
2 Bombillas centrifugas inox	250,200
Cinta transportadora	150,530
Filtro prensa	210,700
Tanque de almacenamiento de biogás	100,536
5 recipiente de almacenamiento 200l	10,750
Otros	40,928
Total	3,350,987.40

Fuente: Adaptado por los autores a partir de Universidad Mayor de San Andrés, 2004.

Ahorro en energía. Para calcular el ahorro del rastro correspondiente a la energía que no es facturada por CFE, necesitamos los recibos de luz que indican el consumo bimestral del mismo. Sin embargo, debido a la imposibilidad de obtenerlos, hemos calculado el ahorro de energía como si consumiera absolutamente toda la electricidad y no tuviese excedentes, de tal manera que estaría ahorrando el costo correspondiente a esa cantidad de electricidad (Tabla 10). Si tuviese excedentes éstos se podrían vender a CFE. Para calcular el precio al que CFE compra la electricidad a un privado, se toman en cuenta diversos factores como:

Ubicación del nodo eléctrico que depende de las diversas plantas generadoras de electricidad que se encuentran alrededor de éste, estimando así el precio base del costo promedio de la producción del kW-h.

Tabla 10 Cálculos del ahorro de energía en el caso de estudio.

Generación de electricidad al año	3, 061,438	kW-h año
Ahorro en consumo de electricidad	2,569,158	$ año

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

Venta de los residuos del biodigestor. El líquido fertilizante obtenido: 1,310 kg. /diarios (Tabla 11). Lodo sólido: 600 kg. /diarios. Agua utilizada: 1,520 kg. /diarios. Harina de sangre: 856 kg/ diarios (Tabla 12).

Ahorro por multas. Las multas municipales no se pueden generalizar, en la mayoría de los rastros no se aplican multas por contaminación de agua y si estas llegasen a aplicar, el rango de penalización estaría entre 10,000 a 20,000

Tabla 11 Ingresos por la venta de Bioabono.

Concepto	Cantidad	Unidad
Producción anual – Bioabono	216,000	kg/mes
	238.1	TON*AÑO
Precio de Venta + IVA	320	$/TON
Ingreso TOTAL	76,192	$/AÑO

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

Tabla 12 Ingresos por la venta de Harina de Sangre.

Concepto	Cantidad	Unidad
Producción anual – Harina de Sangre	308,160	kg
	339	TON*AÑO
Precio de Venta + IVA	2,940	$/TON
Ingreso TOTAL	998,688	$/AÑO

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

pesos. En la actualidad, tanto el sacrificio de ganado en el esquema de tradicional, en su mayoría, no cumplen la NOM-009-Z00-1994 referente al proceso sanitario de la carne; a pesar que el Gobierno del Estado de Veracruz ha comenzado a tomar cartas en el asunto.

Para efectos de nuestro caso de estudio consideramos la multa de 20,000 pesos aplicada al rastro, ya que en el Estado de Veracruz se tienen una verificación constante en los rastros tipo TIF.

Cálculo del VPN, B/C y TIR. El modelo económico del caso de estudio se realizó con una tasa de interés del 15 % a pesos constantes. Se tomó en cuenta una inversión inicial de $10,187x103, ingresos anuales de $3,564x103, gastos de operación y mantenimiento de $100 x 103, depreciación de $1,018x103, utilidad de operación de $2,446x103, impuestos de $733x103, utilidad después de impuestos de $1,712x103 y un flujo neto de $2,731x103. Los resultados obtenidos de VPN, B/C y TIR, a 10 años, se muestran en la Tabla 13.

El Proyecto de la planta con Motogenerador implica la puesta en marcha del biodigestor, llevar los gases obtenidos a un motogenerador, autoabastecimiento de energía eléctrica y usar el bioabono y harina de sangre para venta. Intervienen otros gastos como los del tablero de sincronización para los motores, así como el transformador de conexión a la red eléctrica, para respaldo en caso de falla del suministro (Tabla 14).

EMISIONES DEL PROYECTO

Los beneficios ambientales que presenta el aprovechamiento de los residuos de rastros y mataderos, hace susceptible a un proyecto como este de calificar como un

Tabla 13 Resultado del Modelo Económico.

NPV, Valor presente neto	3,518*
Beneficio/costo	1.3
TIR, Tasa interna de retorno	23.58%

* Los datos mostrados se encuentran en Miles de Pesos.
Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

proyecto financiado mediante Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), implantado en el Protocolo de Kioto, el cual es apoyado económicamente por organismos internacionales.

Para encontrar las emisiones evitadas de CO_2, CH_4, NO_2, que puede presentar el proyecto en cuestión, deberá de tomarse en cuenta algunas fórmulas implementadas en las metodologías diseñadas para proyectos MDL.

La metodología utilizada deberá ser consultada de acuerdo al tipo de proyecto, si ya existe podrá disponerse de ella y si no se tendrá que proponer una y esperar a su validación. En nuestro caso la metodología más apegada al proyecto descrito es la siguiente:

Tabla 14 Costos de inversión, mantenimiento e ingresos del proyecto.

EGRESOS	Miles $
4 Tolvas de almacenamiento	48
Balanza	4.6
Homogenizadorpasteurizador	48.8
Calentador de agua (Termotanque)	7
Compresora	3.5
Reductor de tamaño a cuchillas	21
Bioreactor con sistema de control y medición via PC	123.3
2 Bombillas centrífugas inox	25.2
Cinta transportadora	15.5
Filtro prensa	21.7
Tanque de almacenamiento de biogás	10.5
5 recipiente de almacenamiento 200 l	1.7
Otros	4.9
Costo del sistema de manejo de filtro	127
Filtro	11
Total	4,739
Mantenimiento biodigestor	50
Total	50
Precio Motigeneradorpesos M.N.)	3,632
Instalación MG	1,089
Importacion y transporte al lugar MG	153
Cuarto de generador eléctrico	30.7
Instalación eléctrica	251.8
Tablero de sincronización	200
IVA	544.8
Total	5,448
Gastos de mantenimiento Motogenerador	50
Total	50
INGRESOS	Miles$
Ahorro por multas	20
Venta de Bioabono	76
Venta de harina de sangre	998
Ahorro Autoabastecimiento	2,470
Total	3,564

Fuente: Los autores a partir de cálculos propios.

· Emisiones del proyecto en al año y (1):

$$PEy = PEelec,y + PEfuel,on\text{-}site,y + PEc,y + Pea,y + PEg,y + Per,y + PEi,y + PEw,y \quad (1)$$

Donde las emisiones:

PEy= del proyecto durante el año y (tCO_2e[10])
PEelec,y= del consumo de electricidad de la planta debidas a las actividades del año y (tCO_2e)
PEfuel,on-site,y= debidas al consumo de combustible de la planta en el año y (tCO_2e)
PEc,y= generadas en el proceso de composteo en el año y (tCO_2e)
Pea,y= provocadas por el proceso de digestión anaeróbica en el año y (tCO_2e)
PEg,y= del proceso de gasificación en el año y (tCO_2e)
PEr, y= debidas a la combustión de RDF en el año y (tCO_2e)
PEi,y= generadas en la incineración de los desechos en el año y (tCO_2e)
PEw,y= debidas al tratamiento de agua en el año y (tCO_2e)

Una vez realizados estos cálculos podrán definirse cuántas tCO_2 equivalente se han dejado de emitir a la atmósfera, por cuál se obtendrán bonos de carbono o emisiones certificadas que representan un ingreso monetario extra al proyecto.

CONCLUSIONES

Es importante considerar que la producción de biogás es fuertemente dependiente de la temperatura, un descenso de 3 grados del valor óptimo se refleja en un descenso de hasta un 60 % en la producción de biogás. La composición de la carga de biomasa al biorreactor influye en el proceso de co-digestión. En el proceso la mezcla de residuos de mataderos, residuos de frutas, vegetales y excretas incrementaron la proporción de producción de biogás.

Cabe destacar que es necesario llevar a cabo análisis más completos a cada rastro en específico en el que se plantee la posibilidad de implementar biodigestores, ya que cuestiones como el número de cabezas, el peso, edad, género de cada animal faenado afectarán la producción de biogás y por lo tanto afectarán los resultados económicos así como también la carga consumida por rastro, el costo de

la energía, el tipo de tecnificación, etc.

Este artículo espera ser una guía base, que despierte en los industriales el interés por aprovechar los residuos de sus procesos para obtener ingresos extras, volviendo más competitivos a los rastros y municipios a la vez que evitan contaminar el medio ambiente.

Consideramos que los buenos resultados reflejados en el análisis económico es un caso ideal donde se está aprovechando al 100% los residuos y cumpliendo con todas las especificaciones dadas para la producción de biogás en el biodigestor. Sin embargo, esto en la práctica es difícil de conseguir, ya que siempre se presentan errores técnicos por lo cual los resultados no serán los calculados.

Por ello hay que tomar con reserva estos resultados y siempre llevar una buena planeación y control así como seguimiento meticuloso de tal proyecto.

Es importante notar que se consideró que toda la energía eléctrica era requerida para autoabastecimiento.

En cuanto al beneficio/costo es un parámetro que debería representar la internalización de externalidades que no están considerados en los costos económicos, ya que si se tomaran en 10 tCO_2e toneladas de CO_2 equivalente, significa que una tonelada de metano equivale a 23 toneladas de dióxido de carbono y una tonelada de óxido nitroso equivale a 310 toneladas de dióxido de carbono, así cada gas de efecto invernadero tiene su equivalencia dependiendo de su factor de absorción infrarroja. El total de tCO_2 está compuesto por la suma de las emisiones de todos los gases de efecto invernadero multiplicados por su factor potencial de calentamiento. Si se cuentan los beneficios ambientales entonces este proyecto resultaría mucho más atractivo para su puesta en marcha.

Además, como un incentivo la aplicación de tal proyecto a los esquemas MDL, la adquisición de bonos de carbono representan un ingreso extra cuya venta de acuerdo a los precios actuales va de 10 a 25 dólares por bono de carbono. Con ello nuestro proyecto si no es rentable tendría la posibilidad de generar ganancias que lo harían atractivo de llevar a cabo.

Se propone que se hagan los cálculos presentados en la metodología para conocer la cantidad de emisiones de CO_2 equivalente que se dejan de emitir al medio ambiente para cada proyecto que se realice.

Se propone hacer el análisis de generación de energía eléctrica empleando las tecnologías de generación de electricidad añadiendo el esquema de ciclo combinado o cogeneración, para enriquecer el proyecto técnica y económicamente.

REFERENCIAS

Approved baseline and monitoring methodology AM0025, "Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes". 2008. http://cdm.unfccc.int/index.html

Bonilla M., 2007. Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, México.

Castañeda S. Arlem, 2008. Generación de Energía Eléctrica en México a partir de Energías Renovables: Participación de las Empresas Privadas. UNAM, Facultad de Ingeniería, México.

Gallardo José, et. al., 2004. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2003, México.

DGG, 2005. Condiciones de Sacrificio de Ganado Bovino en Rastros Municipales de la Región del Papaloapan, Veracruz: Gunnerson C. y Stuckey D., 1986. Integrated Resource

Recovery Anaerobic Digestion, Principles and Practices for Biogas Systems, EUA.

INEGI, 2008. Síntesis Metodológica de la Estadística de Sacrificio de Ganado en Rastros Municipales (ESGRIM). Leonor Carillo, 2003. Microbiología Agrícola.

Martínez H. Donaji, 2008.Utilización de Biodigestores para la Reducción de Gases de Efecto Invernadero. UNAM, Facultad de Ingeniería, México.

Porchietto M. et al, 2005. Guía para la realización del diagnóstico sanitario y detección de necesidades operativas de rastros y mataderos municipales. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, México.
Porchietto M. et al, 2006. Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales, México.

Universidad Mayor de San Andrés, 2004. Producción anaeróbica de biogás de los residuos de matadero y mercado.

Instituto de Investigaciones Químicas en Procesos, Ingeniería Química. Bolivia.

Revista Claridades Agropecuarias, número 168, agosto 2007. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 1990-1998.

Páginas Electrónicas consultadas:

http://www.aguaessalud.com/aitarastro.htm
http://azoosubol.galeon.com/cvitae275734.html
http://www.cepis.opsoms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt004.html
http://www.cpts.org/proyinvesti/PROYECTO09.pdf

Un año $84.00 Por cuatro números

¡Suscríbase hoy mismo!
A la única publicación sobre el ahorro y uso eficiente de energía eléctrica, que se edita desde 1991
"Energía Racional"

FIDE

Un año $84.00 Por cuatro números

Empresa: _____ Teléfonos: _____
R.F.C.: _____ Fax: _____
Nombre: _____ Correo electrónico: _____
Calle y Número: _____ Giro o especialidad: _____
Colonia: _____
Ciudad o Municipio: _____
C.P.: _____

Depósito bancario a nombre del FIDE en HSBC, sucursal No. 3003, cuenta No. 017741332-6 y transmita copia de este cupón junto con la copia de su ficha de depósito al Fax: (55)1101-0520 ext. 96407

Le enviaremos su recibo a vuelta de correo.

Mariano Escobedo No. 420, 1er. piso Col. Anzures. C.P. 11590 México, D.F. Tel.: (55)1101-0520 Llame sin costo: 01-800-343-3835