

Diagnóstico General de la Situación Actual de los Sistemas de Biodigestión en México



SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

La elaboración del presente diagnóstico permite conocer la situación en la que se encuentran los biodigestores anaeróbicos instalados en México, de acuerdo al universo de estudio seleccionado para ello.

El estudio se dividió en dos partes fundamentales: la revisión de diversas fuentes para conocer el total de biodigestores documentados en México y la segunda enfocada a constatar la existencia y estatus de los biodigestores documentados.

El estudio encontró que los sistemas se han instalado en unidades de producción tecnificadas, ya que estas ofrecen las condiciones idóneas para el buen funcionamiento de los sistemas estas condiciones se refieren al número de animales y la adecuada recolección de excretas que permiten que el influente del biodigestor tenga las características físico-químicas necesarias para una buena producción de biogás.

El estudio aplicó en los estados de Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sonora, Veracruz y Yucatán; y se aplicó en granjas porcícolas y establos lecheros, siendo los primeros los de mayor presencia.

Apartir de la información arrojada por el estudio, se pudo constatar la existencia de 345 biodigestores, 268 fueron implementados a partir del esquema MDL, los 77 biodigestores restantes fueron implementados a partir de apoyos gubernamentales: 73 con apoyos del FIRCO y 4 bajo la iniciativa M2M. Del total de los biodigestores constatados, el 82% están construidos y en operación.

La tecnología predominante de los sistemas de biodigestión son los sistemas tipo laguna (94%), continuando los modulares (4%), los de biobolsa y ferrocemento (1% cada uno).

Los sistemas fueron evaluados en base a su diseño, operación y mantenimiento, encontrándose que existen las siguientes problemáticas.

- Sobredimensionamiento del sistema
- Fallas en los sistemas de agitación
- Fallas en el quemador
- El mantenimiento no se realiza de manera regular.
- Los propietarios no están lo suficientemente familiarizados con el funcionamiento de los sistemas.

En general, los resultados apuntan a que los propietarios de los sistemas están concientes de los beneficios que les aporta el contar con biodigestores, el 46% de los encuestados opinan que la generación de energía es el principal beneficio que obtienen de éstos, mientras que el 33% opinan que es la disminución de la contaminación ambiental el beneficio más importante.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran cantidad de unidades productivas (en particular granjas de cerdos y establos lecheros) que generan desechos orgánicos estos representan una condición desfavorable para el medio ambiente, causando un grave problema de contaminación y salud pública. Sin embargo, actualmente se ha visto una gran oportunidad para su aprovechamiento como una fuente de energía renovable, por el uso de las excretas para la producción de biogás, que puede ser utilizado para generar energía eléctrica y/o térmica.

En los últimos años muchas unidades han incorporado sistemas de biodigestión dentro de sus procesos productivos, el fin concreto de la instalación de ésta tecnología fue en un principio la comercialización de Bonos de Carbono, por la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En la actualidad se han visualizado una diversidad de usos y aplicaciones de estos sistemas, tales como la reducción de contaminantes en las descargas de aguas residuales de las unidades pecuarias y la generación de energía eléctrica.

Ante este escenario, y al observar el potencial que aun existe para la incorporación de estos sistemas en las unidades pecuarias, se hace relevante el conocer la situación actual de los sistemas de biodigestión instalados a nivel nacional, para que en base en estas experiencias, en un futuro los proyectos a desarrollarse en este ámbito brinden seguridad en cuanto a la operación eficiente de los sistemas.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

CER's	Certificados de Reducción de Emisiones
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
M2M	Metano a Mercados en México
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PDD	Project Design Document
PIB	Producto Interno Bruto
RMU's	Unidades de Remoción
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIAP	Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera.
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de America del Norte
UACM	Universidad Autónoma de la Ciudad de México
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

[Escribir texto]

I. METODOLOGÍA

Para realizar el estudio, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- I. **Revisión Documental.** A fin de mostrar un marco de referencia sobre el panorama nacional de la ganadería porcícola y bovina productora de leche, se llevó a cabo la revisión y análisis de la situación actual, así como de los indicadores de producción de estos subsectores¹.
- II. **Definición del Tamaño de la Muestra.** Una vez conocido el universo de biodigestores, se realizó un ejercicio estadístico para poder establecer el tamaño de la muestra. Siendo los siguientes estados los más representativos².

ESTADOS SELECCIONADOS EN LA DEFINICIÓN DE LA MUESTRA MODIFICADA		
NO.	ESTADO	NO. DE BIODIGESTORES
1	GUANAJUATO	29
2	JALISCO	124
3	MICHOACAN	6
4	NUEVO LEÓN	14
5	PUEBLA	28
6	QUERETARO	9
7	SONORA	157
8	YUCATAN	45
9	VERACRUZ	3
10	COMARCA LAGUNERA	64
TOTAL		479

Fuente: Elaboración propia en base a la información proveniente de las fuentes de identificación básica de biodigestores.

- III. **Reuniones con Gerencias Estatales del FIRCO.** Se llevaron a cabo diversas reuniones regionales con las Gerencias Estatales del FIRCO, a fin de solicitar su apoyo para identificar y conocer los proyectos existentes y que se encuentran en operación, adicionalmente, se llevaron a cabo reuniones con las organizaciones de productores, para solicitar su colaboración y acceso a las unidades productivas.
- IV. **Elaboración del Cuestionario.** Para conocer la situación de los biodigestores, se elaborón cuestionarios para granjas porcícolas y establos lecheros, enfocados a la recopilación de información relativa a las condiciones generales de las unidades productivas y los biodigestores.
- V. **Visita a Granjas y Establos.** Con base al universo potencial documentado y a partir del muestreo, se realizó el trabajo de campo.
- VI. **Elaboración de la Base de Datos y Análisis de la Información.** La información recabada en campo mediante los cuestionarios se capturó en una base de datos, a fin de sistematizarla y proceder a su análisis.

¹ Específicamente en los sitios web de información estadística oficial como el INEGI, el SIAP, SAGARPA, etc.

² Son los estados que, de acuerdo a la fuente documental, cuentan con la mayor cantidad de biodigestores.

II. PANORAMA NACIONAL DE LA GANADERÍA PORCINA Y BOVINA PRODUCTORA DE LECHE.

En el año 2009, el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario, silvícola y pesquero aportó el 3.8 % del PIB nacional. Dentro del PIB sectorial las actividades agrícolas participan con el 58.9 %, las actividades pecuarias con el 33% y con el 8% la silvicultura y pesca.³

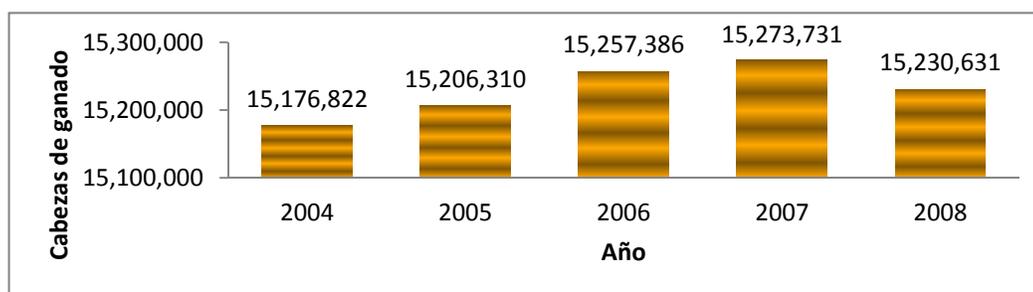
Las actividades pecuarias para 2009, se desarrollaron en una superficie de 110 millones de hectáreas, ubicándose el 28% en el trópico mexicano, 23% en la zona templada y el 49% en áreas desérticas o semidesérticas. La ganadería se ubica en alrededor de 430 mil unidades de producción especializada (aproximadamente 13% del total), dedicadas principalmente a la avicultura, porcicultura y a la producción de leche y carne de bovinos, con buenos estándares de calidad e inocuidad, que les permiten satisfacer entre el 70 y el 98% del mercado nacional, según sea el producto de que se trate y acceder a mercados internacionales. Sin embargo, junto a ellas existe otro gran sector de aproximadamente 2.9 millones de unidades de producción pecuaria en traspatio o que practican la ganadería en forma extensiva con bajos niveles de tecnificación y precario acceso a los mercados.⁴

1. Sector porcícola nacional

1.1. Población Animal

En el periodo 2004-2008, la población porcícola se ha mantenido en un rango entre 14.5 y 15.5 millones de cabezas a nivel nacional.

Población Porcícola en México 2004-2008.



Fuente: SIAP 2008

En el periodo de referencia la estadística oficial muestra que el número de cabezas de cerdos se ha mantenido constante, pero es menor a los 15, 390, 507, registrados en el año 2000.

La disminución de la población animal en estos años ha traído como consecuencia que ciertas granjas abandonaran de manera temporal o definitiva su participación en las actividades porcícolas; algunas de estas granjas contaban con un sistema de biodigestión,

³ Sistemas de Cuenta Nacionales de México 2009. www.inegi.gob.mx

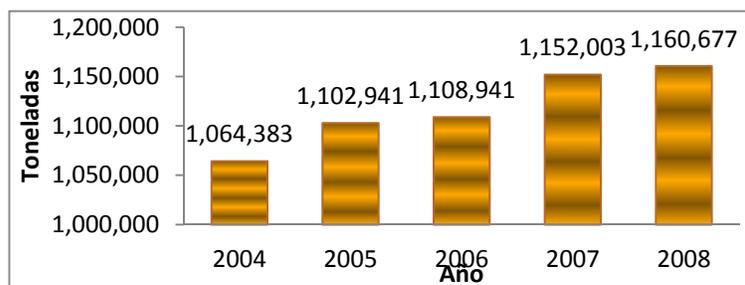
⁴ Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA. Pág.3

los cuales quedaron también abandonados y sin funcionar debido a que no se contó con los influentes necesarios para alimentarlos.

1.2. Volumen de Producción Porcina

La compleja situación de la economía mundial y el encarecimiento de los granos utilizados en la alimentación del ganado, son dos de los principales factores que tuvieron incidencia sobre el comportamiento de la producción porcícola nacional. Si bien para 2008 la producción porcícola continúa creciendo, el avance es apenas del 0.8%, tendencia que se observa a continuación.⁵

Volumen de Producción Porcícola 2004-2008



Fuente: SIAP 2008

1.3. Participación de la Ganadería Porcina por Estado Respecto al Contexto Nacional.

En México cerca del 47% de la población de la ganadería porcícola se concentra en 5 entidades federativas (Jalisco, Sonora, Puebla, Veracruz y Guanajuato), destacando Jalisco y Sonora que participan con un 16 y 9% del inventario nacional respectivamente⁶ y que se caracterizan por contar con sistemas de producción tecnificados, por ende, son los estados en los que es más factible instalar sistemas de biodigestión para el tratamiento de residuos pecuarios.

Los impactos producidos por los cambios en el entorno económico han repercutido de diferente manera según el grado de tecnificación de las granjas productoras y su acceso a los mercados de granos.

El análisis por entidades federativas muestra cómo en los estados con mayor presencia de productores tecnificados e integrados la producción se expande, en tanto que en aquellas entidades en las que la base productiva se sustenta en pequeños y medianos productores, se observan contracciones en cuanto a sus volúmenes de producción.

La concentración de la producción de carne de porcino es cada día más evidente y de hecho, dos entidades, Sonora y Jalisco, concentran cerca del 40% de la producción nacional. Es importante señalar la dicotomía que se determina en las dos principales entidades productoras, ya que mientras Sonora muestra una clara orientación a los procesos de exportación, Jalisco se enfoca al abasto nacional.

⁵ www.siap.gob.mx

⁶ SIAP 2008

Las cifras de producción por entidad federativa, muestran que aproximadamente el 40% de la producción nacional se concentra en la zona centro del país, siendo esta la de mayor importancia, sin embargo estados como Sonora, Veracruz y Yucatán han mostrado una participación importante y creciente, ya que en su conjunto representan aproximadamente el 33% de la producción nacional.

1.4. Sistemas de Producción Porcicola

La porcicultura en nuestro país se desarrolla bajo tres sistemas de producción: el sistema tecnificado, el semitecnificado y el de traspatio,⁷ diferenciados por los distintos niveles de tecnología aplicada, grado de integración y los mercados de atención. Los dos primeros se localizan principalmente en la zona norte, centro del país y recientemente en la península de Yucatán, mientras que el sistema de traspatio, se localiza a lo largo de todo el país, especialmente en la zona sur.

Teniendo en cuenta que la factibilidad de adopción de sistemas de biodigestión en las condiciones actuales se presenta en los dos primeros estratos, en lo sucesivo se considerará como “granjas formales” a las que se encuentren en los sistemas tecnificado y semitecnificado mientras que el sistema de traspatio cuyo potencial en este aspecto es mínimo, conservará el mismo nombre.

En el año 2008 se encontraron, 5,731 granjas formales y 1, 726, 780 predios de traspatio, la población porcina de estas fue de 8.3 millones y 6.8 millones de cabezas respectivamente.

Como puede observarse, poco más del 50% de la población porcícola total del país, se encuentra en granjas formales, sin embargo este tipo de unidad productiva no alcanza a representar el 1% del total de unidades productivas existentes.

Esto significa que si bien el mercado objetivo de los sistemas de biodigestión anaeróbica (granjas formales) es reducido, dado los elevados inventarios de animales que estas manejan, es posible obtener impactos considerables en la reducción de emisiones de metano.

Considerando que el aprovechamiento de las excretas animales sólo puede realizarse adecuadamente en granjas formales, que cuentan con grandes inventarios de animales, así como niveles de tecnificación elevados, se explica que el mercado potencial se encuentre principalmente en los estados de Jalisco, Sonora, Guanajuato y Yucatán, según los datos obtenidos a partir del barrido sanitario.

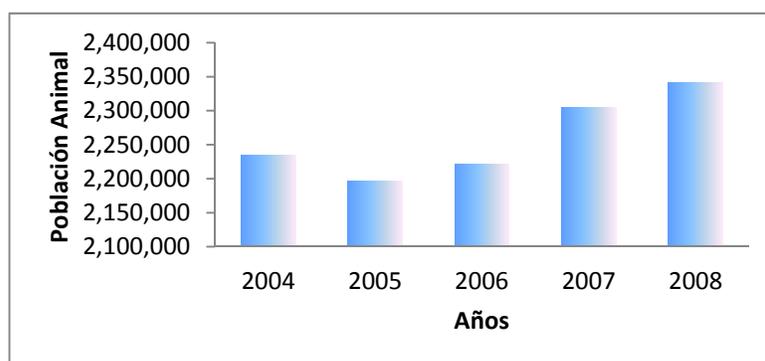
2. Sector de ganado bovinos de leche

2.1. Población Animal

La población animal de ganado productor de leche se ha mantenido en constante crecimiento durante los últimos años (2004-2008).

⁷ Véase *Estudios de situación actual y perspectivas: Porcicultura* <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio.htm>

Población de Ganado Bovino Productor de Leche 2004-2008



Fuente: SIAP 2008

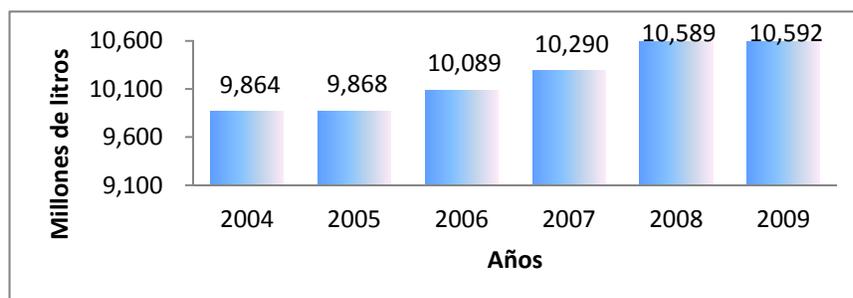
En el año 2008 existía un hato de 2.34 millones de cabezas de ganado productoras de leche; el estado de Jalisco se posicionó en primer lugar del inventario con 311.7 mil cabezas, aportando el 13.32%, el estado de Durango contaba con 249,687 y representó el 10.67%, por su parte el estado de Chihuahua contaba con 245,917 cabezas y representó el 10.51% seguido de Coahuila con el 10.39% que significó 243,183 cabezas de ganado.

De acuerdo a las cifras reportadas por la Asociación Nacional de Ganaderos Lecheros (ANGLAC) ⁸, para el año 2009 se tiene un hato ganadero de 2.2 millones de cabezas de ganado bovino productor de leche, esta actividad se lleva a cabo en 790 mil unidades de producción primaria (solo leche) y en 318 industrias (varias y queseras).

2.2. Producción Anual de Leche

Durante los años 2006 y 2007, la producción de leche de bovino observó tasas de crecimiento anual por arriba de 2%, sin embargo, entre 2008 y 2009, la producción de lechera presentó un crecimiento infimo de 3 millones de litros pasando de 10,589 millones de litros en 2008 a 10,592 millones de litros para 2009.

Producción de Leche de Bovinos 2004-2009



Fuente: SIAP 2009

⁸ Información obtenida de la presentación realizada por Vicente Gómez Cobo, presidente de la ANGLAC. Abril del 2010.

2.3. Participación de la Ganadería Bovina Productora de Leche por Estado

De acuerdo a las cifras reportadas por el SIAP para el 2008, los principales estados productores de bovinos de leche son Jalisco, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato y Puebla.

El estado de Jalisco contribuye con el 13% del total nacional de cabezas de esta especie, le siguen en importancia, Durango, Chihuahua y Coahuila que en conjunto representan poco más del 30% de cabezas, mientras que Hidalgo aporta un 8%, Guanajuato y Puebla aportan 7% respectivamente, el resto de los estados aportan en su conjunto el 33%.

Del total de la producción de leche en el país, 77.8% se registra en 10 estados, siendo Jalisco y Durango los que muestran la mayor participación, mientras que Chihuahua, Coahuila e Hidalgo también observan una elevada producción en los últimos años.

La Comarca Lagunera⁹ es la principal zona productora de leche en México; cuenta con alrededor de 472 mil cabezas de ganado bovino especializado en la producción del lácteo, equivalente al 21% del total nacional y genera anualmente 2, 402 millones de litros de leche.

2.4. Sistemas Productivos de Establos de Bovino de Leche

En México existen cuatro diferentes modalidades de producción de leche de acuerdo con su nivel tecnológico: especializado; semi-especializado, doble propósito y el familiar o de traspatio, para 2008; las unidades de producción de nivel tecnológico especializado alcanzaron el 50.6% de la producción total de leche, el familiar representó 9.8%; por su parte el de doble propósito aportó el 18.3%; en tanto que el nivel semi especializado produjo el 21.3%.

En la tabla a continuación se resume el tipo de sistema productivo para bovinos productores de leche y los estados en los que éstos se encuentran.

SISTEMAS PRODUCTIVOS DE GANADO BOVINO Y ESTADOS	
Sistema Productivo	Estados
Especializado	Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua, México, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Baja California.
Semiespecializado	Jalisco, Chihuahua, Michoacán, Puebla, México, Tlaxcala, Zacatecas, Hidalgo, Baja California y Sonora
Doble Propósito	Veracruz, Jalisco, Guanajuato, Chiapas, San Luis Potosí, Tabasco, Guerrero, Sinaloa, Zacatecas y Coahuila
Familiar	Jalisco, México, Hidalgo, Durango, Coahuila, Aguascalientes, Nuevo León, Michoacán, Sonora y Baja California
Extensivo	Tamaulipas, Veracruz y Tabasco.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sistema Producto Bovinos de Leche.
www.lechebovino.gob.mx

⁹ La Comarca Lagunera o Región de la Laguna, se encuentra integrada por municipios de los Estados de Coahuila y Durango

Es necesario recalcar que para poder instalar un biodigestor anaeróbico se debe contar con adecuados sistemas de manejo del ganado y llevar a cabo prácticas de recolección de sus desechos. En base a ello y de acuerdo a las características definidas anteriormente para cada tipo de sistema, los que reúnen las condiciones necesarias para instalar sistemas de biodigestión anaerobia son los establos especializados y semiespecializados, por lo cual es factible la instalación de biodigestores en establos de los estados de Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua, México, San Luis Potosí, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Zacatecas, aunque es necesario considerar también las condiciones climáticas preponderantes en cada estado, ya que la temperatura (aunque es un factor secundario) es también importante para que se lleve a cabo correctamente la digestión anaerobia.

2.5. Tipos de Establos

De acuerdo con la información censal de 2007, las existencias de ganado bovino ascendían a 23, 616, 942 cabezas, de este total, y de acuerdo a su función zootécnica, existían un total de 8, 671, 516 vientres (vacas) de las cuales 2, 966, 117 correspondían a vientres dedicados sólo a la producción de leche.

EXISTENCIAS DE VIENTRES GANADO BOVINO		
Vientres	No. de Vientres	% de participación
<i>Producción de Leche</i>	2,966,117	34.2
<i>Producción de carne</i>	3,238,922	37.4
Producción leche y carne	2,466,477	28.4
Total	8,671,516	100

Fuente: VIII Censo Agrícola-Ganadero 2007, INEGI.

III. BIODIGESTORES IDENTIFICADOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO NACIONAL

1. Antecedentes

A nivel mundial México ocupa el lugar 12 en las emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles, con un total de 416.26 millones de toneladas de CO₂ ó el 1.5% de las emisiones globales¹⁰. Los resultados del INEGI (1990-2006), indican que el incremento en las emisiones de GEI fue de aproximadamente 40% durante ese período, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 2.4%.

En el gráfico se muestran las emisiones de GEI por gas, medidas en unidades de CO₂e; teniéndose para el año 2006, 492,862.2 Gg de CO₂ (69.3%); 188,036 Gg de CH₄, (26.4%); 20,511 Gg de N₂O (2%); y el restante 1.4% se compone de 9,586 Gg de HFCs, y 654 Gg de SF₆. Durante 2003 se dejó de producir aluminio en el país, por lo que las emisiones de PFCs son nulas a partir de 2004.

De acuerdo a la Cuarta Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en 2006 las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO₂e) para México fueron de 711,650 Gg. La contribución por categorías en términos de CO₂e es la siguiente: desechos 14.4% (102,173 Gg); uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 9.9% (70,202.8 Gg), procesos industriales 8.9% (63,526 Gg), agricultura 6.4% (45,552.1 Gg), y usos de la energía 60.4% (430,097 Gg)¹¹.

Para 2006, el uso de energía, representó el 61% de emisiones de GEI, la categoría de desechos generón el 14%, el uso de suelo represento en 10% de emisiones, mientras que la categoris de procesos industriales y la categoría agricultura, representan el 9% y 6% respectivamente.

La categoría de agricultura está compuesta principalmente por las emisiones provenientes de actividades agrícolas (cultivos y manejo de suelos) y pecuarias (fermentación entérica y manejo de estiércol). Sus principales gases son CH₄ proveniente de la fermentación entérica, manejo de estiércol y cultivo de arroz; y N₂O proveniente de suelos agrícolas y quemas programadas.

Dentro de este sector, la subcategoría que más contribuyó a las emisiones en CO₂e fue la de fermentación entérica (82%), a pesar de que disminuyó de 38,802.6 Gg en 1990 a 37,180.9 Gg en 2006. La subcategoría de suelos agrícolas, que es la siguiente en importancia (17%), tuvo en el periodo 1990-2006 valores entre 6,631.9 y 7,800.5 Gg de CO₂e, y la quema programada de suelos emite el 1% de CO₂e.

Específicamente, en los sectores ganaderos objeto de este estudio (porcícola y bovinos de leche), las emisiones de metano del sector porcícola y de ganado bovino que se tendrían de acuerdo a los datos del inventario del 2008, son de 124, 903, 899 ton de CO₂e/año y 104, 410, 126 ton de CO₂e/año, respectivamente.

¹⁰ De acuerdo a las cifras reportadas por la AIE para el 2006

¹¹ <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc4s.pdf>

2. Biodigestores registrados

En este apartado se describe el número de biodigestores registrados o documentados en México de acuerdo a las fuentes consultadas durante la revisión documental.

2.1. PDD's Registrados en la UNFCCC.

Los gobiernos participantes acordaron en 1997 el Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC por sus siglas en inglés). El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, sólo después de que 55 naciones que suman el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero lo ratificaron; actualmente 116 países más se han sumado y lo han ratificado también. El objetivo del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5.2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990, para el periodo 2008-2012.

El Protocolo de Kioto incluye tres mecanismos (artículos 6, 12 y 17), diseñados para incrementar la costo-efectividad de la mitigación del cambio climático¹².

- **Implementación conjunta**
- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**
- **Comercio de emisiones**

Como país que ha ratificado el Protocolo de Kyoto, México ha participado de manera activa en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Dentro de este mecanismo, México tiene para 2009, 178 proyectos registrados ante la Junta Ejecutiva de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de los cuales 142 corresponden a proyectos de reducción de emisiones de metano en el sector agropecuario¹³. Se estima que el total de estos proyectos contribuyen con una reducción de más de 10 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que coloca a México en la quinta posición por volumen de reducciones y número de proyectos registrados a nivel mundial.¹⁴

Derivado de la revisión documental realizada, se encontraron registros que muestran la existencia de 563 sistemas de biodigestión de acuerdo a los 142 Project Design Document (PDD) encontrados en la página web de la UNFCCC, relacionados con la reducción de emisiones de metano en el sector agropecuario en México.

De estos PDDs, 54 corresponden a la reducción de emisiones de metano en establos lecheros y 88 en granjas porcícolas, encontrándose en diferentes etapas del ciclo operativo de los Proyectos MDL. Estos proyectos están distribuidos en las principales zonas pecuarias en el país, destacando los estados de Sonora, Jalisco, Puebla, Tamaulipas y Veracruz, generando reducciones para este sector de casi 3.5 millones de toneladas de CO₂ equivalentes (datos hasta el 2009)¹⁵.

¹² http://cambio_climatico.ine.gob.mx/preguntasfrecuentes/protocolodekiotoymdosdebonos.html

¹³ <http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/cambioclimatico/Pages/mdl.aspx>

¹⁴ <http://www.pointcarbon.com/category.php?categoryID=323&expand=323>

¹⁵ http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5143329&fecha=19/05/2010

Los estados de Coahuila, Durango, Jalisco, Puebla, Sonora y Tamaulipas cuentan con el mayor número de proyectos (76%), los estados de Sonora y Jalisco son los que cuentan con mayor número de biodigestores identificados a partir de un PDD. Relacionando estas cifras con la información del SIAP 2008, se observa que estos dos estados son los principales productores de ganado porcino del país.

En cuanto a biodigestores en establos lecheros, éstos se encuentran en mayor número en la Comarca Lagunera (Durango y Coahuila), ya que es en esta zona donde se lleva a cabo la mayor producción de leche (21% del total nacional) y los sistemas de producción con los que se cuenta son altamente tecnificados.

Cabe mencionar que el sector privado mostró un interés sostenido en el mercado de bonos de carbono en México, los servicios de las empresas se enfocaron a la eliminación de gases de efecto invernadero y la subsecuente comercialización de bonos de carbono en el mercado internacional.

La empresa AgCert, ingresó 107 PDD's, sumando 528 granjas en total, de las cuales, 292 contaban para el año 2007 con un biodigestor construido, repartidos en 22 estados.¹⁶, la empresa Ecosecurities ingresó 31 PDD'S, las empresas Enviroquest Internacional y CantorCO2, registraron un PDD cada una y la empresa Grupo Porcícola Mexicano registró por su parte 2 proyectos en granjas porcícolas.

2.2. Biodigestores Apoyados por el FIRCO

Dentro de los lineamientos de la política de la SAGARPA en materia de medio ambiente y cambio climático, se han instrumentado diversas acciones buscando fomentar el uso y aplicaciones de la energía renovable en el sector rural sustentable, que coadyuve a disminuir los impactos negativos de los procesos productivos en el medio ambiente. Con base en las experiencias desarrolladas por la SAGARPA, a través del FIRCO, se instrumentó en 2006 un proyecto de aprovechamiento de biogás en convenio con la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM); este proyecto consistió en la instalación de nueve módulos demostrativos mediante la instalación de motogeneradores accionados con biogás en biodigestores ya funcionando.

Actualmente el FIRCO está apoyando con sus recursos, a nivel nacional, a aquellos agronegocios que cuenten con potencial para la utilización de energía renovable en sus procesos productivos. Durante 2008 y 2009, a través de sus proyectos especiales, el FIRCO apoyó 175 proyectos relacionados con sistemas de biodigestión. La mayoría de ellos han sido instalados en granjas porcícolas y algunos incluyeron apoyos para la compra de un motogenerador. Estos proyectos han utilizado las tecnologías de biodigestión anaeróbica tipo laguna y modular.

El FIRCO en el año 2008 apoyo en la implementación de 45 biodigestores, en 2009 apoyo con la implementación de 100 biodigestores y a 9 proyectos de energía renovable. Es necesario recalcar que el apoyo de FIRCO consiste en la aportación directa de hasta \$1,000 000.00 MXN por proyecto, sin que el monto rebase un 50% de la inversión total.

¹⁶ Información tomada de la presentación realizada por Ignacio Castillo, Gerente General AgCert. "El Mercado de Bonos de Carbono y los Agronegocios", Proyectos MDL Agropecuarios. México 2007.

2.3. Biodigestores Implementados bajo la Iniciativa Metano a Mercados

México participa actualmente en la Iniciativa Metano a Mercados, la cual es liderada por la EPA (Environmental Protection Agency) de los EEUU, e implantada en conjunto con países tales como Alemania, Argentina, Australia, Brasil, China, Colombia Comisión Europea, Ecuador, Estados Unidos, India, Inglaterra, Italia, Japón, Nigeria, Polonia, Reino Unido, Republica de Corea, Rusia, Ucrania y Viet Nam cuyo objetivo es reducir las emisiones de metano con el fin de potenciar el crecimiento económico, fortalecer la seguridad energética, mejorar la calidad del aire, mejorar la seguridad industrial, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero reuniendo a los sectores gubernamental y privado en el desarrollo de proyectos de captura y uso de metano¹⁷. Los proyectos piloto se instalaron en los estados de Michoacan y Guanajuato.

Estos proyectos han tenido como finalidad probar la tecnología existente y su desempeño en granjas típicas mexicanas, con lo cual se espera poder desarrollar políticas que permitan la aplicación de este tipo de proyectos, la SEMARNAT y SAGARPA (esta última específicamente a través del FIRCO y la Coordinación General de Ganadería) están trabajando de manera conjunta en el fomento y desarrollo de los mismos.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁴ resume el número de biodigestores existentes en el país de acuerdo a los datos arrojados por la revisión documental realizada:

De acuerdo a la revisión documental el 22% de los biodigestores se han implementado parcial o totalmente con apoyos gubernamentales, tanto nacionales como internacionales y el 78% restante con apoyo de Empresas Desarrolladoras.

2.4. Biodigestores identificados

Es necesario mencionar que la información reflejada en este diagnóstico, no necesariamente es absoluta, ya que pueden existir otros biodigestores que no han sido contabilizados por diversas razones, entre ellas el tamaño de la muestra; sin embargo, se considera que tomando como base la metodología y las fuentes de información utilizadas, se contabiliza la gran mayoría de los biodigestores existentes.

2.5. Número y Ubicación de Biodigestores Existentes

La revisión en las fuentes de información documenta la existencia de 721 biodigestores, de los cuales, 563 corresponden a los derivados de los PDDs, 154 a los apoyados por el FIRCO y 4 más instalados bajo la iniciativa M2M.

La muestra derivada del ejercicio estadístico, representa el 56% del total de los biodigestores documentados o registrados, este 56% será el universo de estudio de este diagnóstico; cabe mencionar que éstos biodigestores representan la mayoría del total documentado para los estados muestra.

Los biodigestores se encuentran ubicados principalmente en las regiones Noroeste y Centro Occidente del país, regiones que se caracterizan por contar con la mayor cantidad tanto de

¹⁷ <http://www.methanetomarkets.org/>

granjas porcícolas como de establos lecheros. Los estados en los que existe el mayor número de biodigestores son Sonora con 116 sistemas, Jalisco con un total de 107 sistemas instalados, Yucatán con 38, Puebla 19, Nuevo León 16, y el resto de los estados concentra el 14%.

2.6. Principales Esquemas de Financiamiento para la Construcción de Biodigestores

La mayoría de los digestores instalados fueron construidos con apoyos de las empresas desarrolladoras de proyectos MDL (268 en total), el resto recibieron apoyos gubernamentales, específicamente del FIRCO (73) y del gobierno de los E.U bajo la Iniciativa M2M (4). La siguiente tabla muestra el listado de biodigestores construidos por estado y los esquemas de financiamiento.

ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO DE BIODIGESTORES				
No.	ESTADO	TOTAL DE BIODIGESTORES	ESQUEMA MDL	ESQUEMAS GUBERNAMENTALES
1	Coahuila	6	6	0
2	Durango	6	6	0
3	Guanajuato	16	12	4
4	Jalisco	107	86	21
5	Michoacán	11	9	2
6	Nuevo León	16	9	7
7	Puebla	19	17	2
8	Querétaro	7	6	1
9	Sonora	116	115	1
10	Veracruz	3	0	3
11	Yucatan	38	2	36
TOTAL		345	268	77

FUENTE: Elaboración propia a partir de los resultados de los cuestionarios base

Es necesario mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos, ninguno de los sistemas documentados se ha financiado en su totalidad con recursos propios de los productores, en el caso de las unidades de producción apoyadas bajo el esquema MDL, la empresa desarrolladora cubrió todos los costos de construcción e instalación, para el caso de las unidades apoyadas por el FIRCO, los productores aportaron el 50% de la inversión; los proyectos construidos e instalados bajo M2M, fueron una donación total a los productores.

Las empresas desarrolladoras de proyectos MDL se enfocaron mayormente en la instalación de biodigestores en granjas porcícolas, instalando 255 digestores de 327, en estas unidades productivas, los proyectos financiados por M2M también fueron establecidos en granjas porcícolas (4) y el FIRCO se ha enfocado de igual manera en granjas porcícolas mayormente 68 porcícolas y 5 establos lecheros.

3. Tipos de Granjas y Establos

La mayor cantidad de biodigestores (95%) se instalaron en unidades productivas porcícolas, quizás debido a que las empresas desarrolladoras encontraron más viable la construcción de los sistemas en estas unidades, por la facilidad de establecer la línea base solicitada por los proyectos MDL¹⁸ y debido también a que un elevado porcentaje de los establos tienen pisos de tierra y por lo tanto la excreta puede contener impurezas las cuales repercuten en la producción de biogás.

¹⁸ Los biodigestores instalados por las empresas desarrolladoras en los estados de la muestra son 248 en total.

Haciendo una comparación entre el total de granjas porcícolas formales existentes en México para 2008¹⁹ y el número de granjas que cuentan con biodigestores anaeróbicos, tenemos que únicamente el 8% de éste universo ha sido cubierto por proyectos de biodigestión anaeróbica, dejando un potencial de más del 90%.

Los estados de Jalisco (27%) y Sonora (30%), son los que cuentan con mayor número de biodigestores en general y casi el 100% de éstos fueron establecidos en granjas porcícolas, ello se explica porque estos dos estados son los que cuentan con el mayor inventario porcícola y los primeros lugares respectivamente en cuanto a producción de carne de cerdo.

En cuanto a los establos lecheros, la mayor parte de los sistemas fueron instalados en la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango), región que a su vez se caracteriza por ser la de mayor producción de leche en sistemas especializados.

3.1. Biodigestores en granjas porcícolas

Las prácticas de producción de ganado porcícola en México, se caracterizan por dividir los sistemas productivos en “tipos de granjas”; dependiendo de la etapa de crecimiento de la población animal, el tipo de alimentación que se le proporcione y los fines económicos que se persigan, es importante señalar que dependiendo del tipo de granja, la excreta porcícola es idónea en grado variable para obtener biogás, derivándose de ahí la importancia de conocer el número de granjas con biodigestores y el tipo de granja a la que pertenecen²⁰.

De las 327 granjas porcícolas 127 son de Ciclo Completo, 137 Engordas, 14 de Lechones 47 de Destetes y 43 de Pie de Cría.

3.2. Biodigestores en Establos Lecheros

De los 18 establos lecheros que cuentan con un biodigestor anaeróbico la mayor parte (89%) se encuentran la Comarca Lagunera, ésta se caracteriza porque la producción de leche se realiza en establos especializados, con una población animal de más de 2,000 cabezas en promedio.

De acuerdo a la capacidad instalada de los establos, se identifica claramente que éstos pertenecen a los sistemas especializados, ya que fueron diseñados en promedio para más de 2,544 animales.

El estado de Coahuila es el que cuenta con mayor población en establos lecheros con biodigestores y también con un alto porcentaje de ocupación (81%).

¹⁹ Para los estados de la muestra, el número de granjas formales existentes para 2008 es de 4,474 unidades de producción.

²⁰ Taiganides *et al.* (1996), clasifican las granjas tecnificadas y semitecnificadas como: Granjas de ciclo completo, Granjas de pie de cría y Granjas de engorda. Las granjas de ciclo completo incluyen la reproducción de cerdos, los cuales son vendidos después de su engorda hasta alcanzar aproximadamente 100 kg de peso. Por otro lado se tiene que las granjas de pie de cría están especializadas en la producción de lechones, los cuales dejan la granja al alcanzar de 30 a 50 kg de peso. En las granjas de engorda no hay ható reproductor, los cerdos destetados llegan a la granja y son engordados hasta alcanzar el precio de mercado (alrededor de los 100 kg).

IV. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS

1. Tipo de sistemas de biodigestión anaeróbica utilizados en México

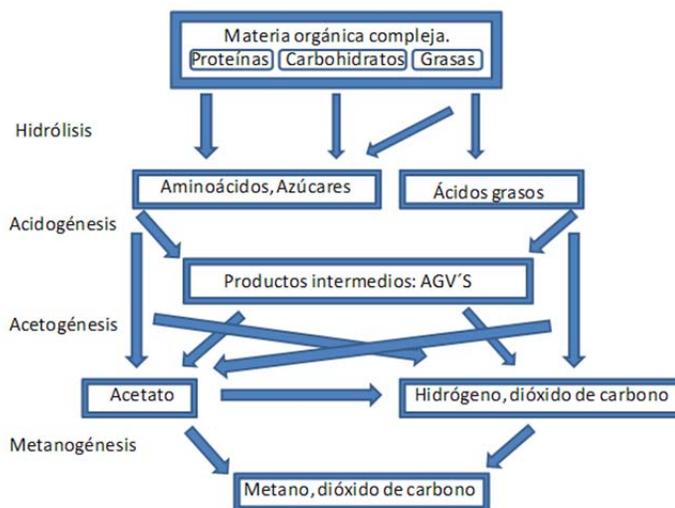
- Tipo Laguna
- Modular
- Cubiertas Modulares Flotantes
- Ferrocemento
- Sistema Biobolsa o Tipo Salchicha.
- Reactor

La tecnología que más se utiliza en las unidades productivas analizadas y en lo general en los biodigestores instalados en México es la tipo laguna anaeróbica; de los biodigestores construidos el 94.2% utilizan esta tecnología, la segunda tecnología más utilizada es la modular, con 17 biodigestores del total, la tecnología tipo bolsa es la que se ha utilizado en menor cantidad, pues solo se tiene 3 biodigestores empleando dicha tecnología.

2. Proceso Microbiológico de Transformación de Materia Orgánica

El sistema de biodigestión anaeróbico, consiste en un proceso centralizado de manejo de excretas, las cuales son enviadas a un biodigestor, con un sistema de agitación y remoción de lodos, una laguna secundaria, un sistema de recolección, conducción y utilización el biogás para su quemado o para la generación de energía eléctrica y un quemador²¹. El proceso transforma la materia orgánica proveniente de las excretas en biogás que pueda ser aprovechado para la generación de energía eléctrica y/o térmica.

Proceso Microbiológico de Transformación de Materia Orgánica



FUENTE: Especificaciones Técnicas para Sistemas de Biodigestión.

²¹ Para mayor información, se sugiere consultar las Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores en México. Enero 2010. SEMARNAT, SAGARPA, FIRCO.

3. Pasos para la Instalación del biodigestor

I. Dimensionamiento del Biodigestor

II. Construcción del Sistema de Biodigestión.

Para la instalación del sistema se siguen los siguientes pasos:

- a) Excavación y dimensionamiento de la laguna.
- b) Instalación de tuberías
- c) Construcción del cárcamo de salida de efluentes y adecuación del registro principal
- d) Impermeabilización de la laguna
- e) Colocación de botas en las tuberías
- f) Instalación de la tubería interna
- g) Llenado del digestor
- h) Fijación de la cubierta con un sistema de anclaje.
- i) Instalación del sistema de filtros y de humedad
- j) Instalación del sistema de quema
- k) Instalación del equipo de medición de biogas
- l) Instalación del motogenerador en su caso.

4. Componentes del sistema de biodigestión:

- a) Digestor anaeróbico:
 - Geomembrana lisa de polietileno de alta densidad de 1.5 mm.
 - Tubería de PVC de diferente diámetro:
 - Tubería de pvc hidráulica de 8"
 - Tubería de pvc hidráulica de 6"
 - Tubería de pvc hidráulica de 4"
 - Tubería de pvc de 2"
 - Válvulas tipo bola de 6"
 - Bridas de pvc de 6"
 - Geotextil en caso de que el suelo sea rugoso y pueda dañar la geomembrana.
- b) Sistema de contrapesos:
 - Geomembrana lisa de polietileno de alta densidad de 1.5 mm
 - Grava (relleno)
- c) Skid de biogás
 - Tubería de pvc hidráulica de 3" para la conducción del biogás
 - Filtros para la eliminar el azufre y la humedad (los cuales son importantes para aquellos sistemas que contarán con motogeneradores)
 - Medidor de flujo de biogás
 - Termómetro analógico (en su caso)
- d) Sistema de quema
 - Quemador atmosférico
 - Energizador con batería incluida o sistema de encendido automático.
- e) El proyecto de biodigestión anaeróbica deberá considerar la construcción de una laguna secundaria que capte los efluentes; el aprovechamiento de los lodos residuales deberá hacerse bajo los procedimientos de la NOM-004-SEMARNAT-2002.

5. Mantenimiento del biodigestor

Se deberán realizar inspecciones periódicas en la cubierta para detectar fugas, rasgadas o cualquier otro daño, se deberá eliminar el agua acumulada sobre la cubierta, se deben extraer los lodos acumulados en el interior del biodigestor y llevar a cabo mantenimiento programado del motogenerador y demás equipos de acuerdo a las recomendaciones de los proveedores, así como la sustitución de filtros de acuerdo también a las instrucciones del proveedor, las tuberías, válvulas y equipos de medición deben ser inspeccionadas diariamente.

6. Consideraciones y Medidas de Seguridad.

Abarcan la restricción del acceso desde que se está llevando a cabo la obra civil hasta el llenado del biodigestor. Se debe colocar un cerco perimetral para evitar el acceso de personas o animales al biodigestor. El quemador debe estar instalado sobre una plataforma metálica o de concreto lo suficientemente alejada del biodigestor (a 30 metros), de cables y tuberías. Las señalizaciones deben ser anuncios visibles con las siguientes leyendas: “PELIGRO: GAS ALTAMENTE INFLAMABLE” y “SE PROHÍBE FUMAR”.

Se deberá instalar sellos hidráulicos en las tuberías que eviten la fuga del gas del interior del biodigestor, así mismo, las tuberías para biogás y lodos residuales deben identificarse con el color de seguridad correspondiente: biogás, amarillo, azul, agua, rojo, fuego. Se deben instalar válvulas de alivio que liberen automáticamente biogás a la atmósfera y mantengan la integridad del digestor.

Se deberá contar con equipos de protección y seguridad personal para el personal que opera los componentes del biodigestor. La planta de generación de energía eléctrica debe ubicarse en una caseta de seguridad que limite el acceso.

7. Principales Sistemas de Manejo de Excretas.

La producción de biogás se lleva a cabo de manera eficiente en granjas que recolectan residuos líquidos, purines (excrementos líquidos del cerdo) o residuos semisólidos; los cuales deben concentrarse en un solo punto (cárcamo o laguna) y ser recolectadas todos los días o cada tercer día, libres de materiales como rocas, piedras, arena, tierra o paja.

Las granjas que colectan residuos líquidos, purines o semi-sólidos son las mejores candidatas para proyectos de recuperación de biogás. Si los residuos son manejados como semisólidos, purines o líquidos, dependerá del total del contenido de sólidos. Los residuos manejados como líquidos tienen un contenido total de sólidos menor al 5%, como los purines contienen un total del 5 al 10% y los residuos semisólidos contienen entre 10 y 20% de sólidos totales. Los sistemas con residuos líquidos, purines y semisólidos tienen alto potencial de producción de biogás y ofrece una reducción sustancial de GEIs. Estos sistemas de manejo son ampliamente usados en granjas porcícolas y establos lecheros. Los residuos sólidos producen sólidos totales por arriba del 25% los cuales no promueven condiciones anaeróbicas que permitan la producción de biogás y no deben ser considerados como influente para un sistema de biogás.

Generalmente, las granjas que concentran todos los residuos en un punto en común, con una periodicidad diaria o de cada tercer día, son las mejores candidatas para la implementación de la tecnología de biogás. El punto en común puede ser una laguna, un

cárcamo, un tanque o cualquier estructura similar. La recolección de los residuos en un punto en común facilita el ingreso del influente al biodigestor ya que éstos contarán con un pre-tratamiento que ajuste el contenido de los sólidos totales requeridos por los biodigestores, este tratamiento puede incluir la incorporación de agua, la implementación de un separador de sólidos, la mezcla de residuos o calentamiento de los mismos.

Los residuos pecuarios constituyen el alimento del biodigestor, si un sistema no es alimentado durante una semana, se puede producir una pérdida importante de la producción de biogás. Una alimentación en intervalos irregulares puede alterar los procesos biológicos y causan un trabajo ineficiente del sistema o detienen definitivamente su funcionamiento, por lo que la mayoría de los biodigestores son diseñados para ser alimentados diariamente ya que una alimentación continua y una descarga del material del sistema permite que las bacterias trabajen eficientemente y que grandes volúmenes de residuos sean procesados. La recolección diaria de los residuos es también eficiente en términos de la conservación de los valores de los nutrientes de los residuos, preservando a su vez su producción potencial de biogás.

Los residuos deben estar libres de grandes cantidades de materiales como arena, rocas, y piedras; pequeñas cantidades de estos materiales pueden ser tolerados por casi la mayoría de los biodigestores. Otros materiales tales como aditivos alimenticios incluyendo antibióticos y equipos de limpieza y de mantenimiento como detergentes, ácidos, álgenos, etc. podrían afectar la acción de las bacterias anaeróbicas.

Si se toman en cuenta las condiciones anteriores, se permitirá que el biodigestor se encuentre bien alimentado y se asegura una continua producción de biogás²².

Los sistemas de manejo de excretas utilizados en las unidades de producción son los siguientes:

- Barrer o palear la corraleta manualmente para llevar el estiércol seco o semi-seco y depositarlo en el exterior de la granja o sobre el pasillo.
- Barrer con agua a presión para llevar el estiércol hasta el exterior de la corraleta por medio de aberturas en la pared o hacia el drenaje de la corraleta y de esta al drenaje exterior.
- Acarrear por escurrimiento utilizando bombas hidráulicas.
- Acarrear por gravedad el estiércol y agua retenidos bajo fosas enrejilladas, hacia depósitos o canales externos.
- Acarrear mecánicamente el estiércol sólido, por raspado del piso de los canales superficiales de escurrimiento o de piso de fosas enrejilladas, hacia depósitos externos.

El estudio muestra que las principales técnicas utilizadas para el manejo de excretas en granjas porcícolas son las de barrido o paleado manual y barrido con agua a presión 161 y 274 respectivamente; cabe señalar que en algunas granjas, se combinan diferentes técnicas, utilizando hasta cuatro de ellas en la misma unidad productiva.

En el caso de establos bovinos, las técnicas mayormente utilizadas de manejo de excretas son distintas a las de las granjas porcícolas, predominando principalmente la Técnica de

²² Handbook biogas. EPA.

Barrido con Agua a Presión, la cual es realizada por el 74% de los establos con biodigestores, mientras que el barrido o paleado manual representa un 26%.

8. Biodigestores Construidos y en Construcción

De los 721 sistemas documentados 563 se financiaron bajo esquema MDL, de estos 290 están contruidos y 273 en construcción; los financiados mediante FIRCO son 154, de los cuales 73 están contruidos y 81 en construcción, los restantes 4 se financiaron bajao el esquema M2M y están en operación.

El estudio realizo vistas de campo a 345 sistemas de los cuales, 266 corresponden a los financiados bajo el esquema MDL (77%), 73 financiados por el FIRCO (22%) y 4 por M2M (1%). Del universo total del estudio 345, 283 sistemas están en operación.

De acuerdo a los puntos descritos anteriormente y a los resultados del trabajo de campo, de los 16 componentes con los que un biodigestor debe contar para tener un funcionamiento y mantenimiento adecuado, solo ocho de éstos se encontraron en el 100% de los biodigestores contruidos.

NÚMERO DE BIODIGESTORES Y COMPONENTES CON LOS QUE CUENTAN		
BIODIGESTORES	COMPONENTES	%
345	Obra civil	100
345	Puntos de muestro	100
345	Tuberías influente	100
345	Tubería conducción biogás	100
345	Tubería efluente	100
345	Tubería extracción sólidos	100
345	Cubierta de geomembrana	100
220	Fosa de mezclado	64
345	Sistema de anclaje	100
203	Sistema de agitación y remoción de lodos	59
327	Filtro de humedad	95
315	Medidor de flujo de biogás	91
333	Quemador de biogás	97
284	Cercado perimetral	82
297	Señalamiento de seguridad	86
289	Laguna secundaria	84

FUENTE: *Elaboración Propia a partir de los resultados de los cuestionarios base.*

Haciendo un recuento del resto de los componentes, solo el 64% de los biodigestores contruidos cuenta con fosa de mezclado, lo cual resulta extraño, puesto que la fosa de mezclado permite que exista una buena mezcla del influente antes de que éste ingrese al sistema, además de que contar con ella es una de las características ideales para un funcionamiento eficaz y eficiente del sistema.

El 97% de los biodigestores (333) cuentan con quemador de biogás y el 91% con medidor de flujo de biogás (315), de éstos últimos solo se tienen mediciones de biogás de 121 sistemas que están quemando el metano, 327 biodigestores tienen filtros de humedad (95%).

En cuanto a la laguna secundaria, solo el 84% de las unidades de producción disponen los efluentes del biodigestor en éstas lagunas (289), las 56 unidades de producción restantes no cuentan con éstas y disponen los efluentes como agua de riego (38), los envían al drenaje (10) o los depositan en un terreno aledaño que puede ser propio o de algún vecino (8).

El 86 y 82% de los sistemas de biodigestión cuentan con las condiciones de seguridad necesarias, tanto con el cercado perimetral como con señalamientos de seguridad, respectivamente.

Respecto a la geomembrana, el 100% de ésta de HDP de alta densidad de 60 mils, se encuentra anclada con distintos materiales: Concreto (312), tierra (17) y directamente en la corona (9), del resto de los sistemas construidos (7), no se tiene información disponible respecto al anclaje.

Un componente importante para los sistemas de biodigestión en establos lecheros es el separador de sólidos, el cual permite eliminar el material no adecuado del influente, como la fibra u otros materiales propios de los residuos generados en estas unidades de producción. Del total de biodigestores construidos en establos lecheros (18), 13 cuentan con éste. En 7 granjas porcícolas también se ha optado por instalar este componente de manera adicional, a fin de lograr características óptimas en el influente.

9. Motogeneradores

El biogás producido a partir del sistema de biodigestión anaeróbica, puede ser utilizado para producir energía eléctrica, a través de la implementación de un motogenerador. Esta energía eléctrica puede ser utilizada en las actividades propias de la unidad de producción en sustitución de la energía eléctrica convencional consumida o para diversificar las actividades productivas de la misma. El uso de la energía generada a partir del biogás reduce costos de producción, ya que ésta es más barata que la energía convencional. Para las granjas porcícolas y establos lecheros con importantes consumos de electricidad, el instalar un motogenerador y producir energía eléctrica, resulta atractivo y rentable.

De los 345 biodigestores construidos, 85 cuentan con un motogenerador, de los cuales 58 están operando; el 90% de éstos se encuentran en granjas porcícolas y el 10% restante en establos lecheros. Los motogeneradores instalados son de diversas capacidades: 39 de 60 kw, 22 de 65Kw, 20 de 85 Kw y uno de 75kw, uno de 110kw y otro más de 120 Kw.

V. OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BIODIGESTION ANALIZADOS

El análisis de la operación de los sistemas se dividirá en tres apartados: Diseño, Mantenimiento y Problemática y solo se consideran 283 sistemas que al momento de las visitas y la aplicación del cuestionario se encontraban operando.

1. Diseño

Para el dimensionamiento de los sistemas de biodigestión se considerarán factores, que permitan, en primera instancia, conocer la cantidad real disponible de excretas dentro de la unidad productiva, dichos factores son el tipo y disponibilidad de la biomasa, características físicas, químicas y biológicas de la misma y aspectos geográficos. A partir de estos datos se debe calcular el tiempo de retención hidráulica y el volumen del biodigestor.

El análisis del diseño de los biodigestores resultante a partir de las encuestas, arroja que el 47% (188 en total) de los biodigestores no se encuentra diseñado correctamente y por lo tanto su funcionamiento es deficiente.

El análisis que se realizó en este apartado, consideró el número de animales existentes en la unidad de producción y el volumen de diseño del biodigestor. Se detectó que en estos biodigestores, la relación agua-excretas sobrepasó las relaciones mínimas 3:1 y máximas 9:1 que debe contener el influente para un correcto funcionamiento del biodigestor, resultando relaciones mayores a 9:1 de agua y excreta. De igual manera, se encontró que el tiempo de retención para estos sistemas es mayor a 60 días.

2. Mantenimiento

Un correcto mantenimiento es crucial para el adecuado funcionamiento del biodigestor en el mediano y largo plazo, por lo cual es importante conocer en cuántos biodigestores se llevan a cabo las actividades de mantenimiento, qué actividades son las que se realizan y con qué frecuencia. Las actividades de mantenimiento sugeridas por los proveedores de los equipos o componentes son:

- Extracción de sólidos.
- Desazolve de tuberías.
- Retiro de Agua de la geomembrana.
- Mantenimiento de la geomembrana.
- Mantenimiento del motogenerador.
- Mantenimiento del quemador.
- Mantenimiento de tuberías.

De los 283 biodigestores operando, 79 unidades de producción realizan la extracción de sólidos, 193 llevan a cabo el desazolve de las tuberías, 151 retiran el agua de la geomembrana y 98 proporcionan mantenimiento a ésta, 49 proporcionan mantenimiento al motogenerador, 140 al quemador y 83 proporcionan mantenimiento a las tuberías en general.

La actividad que se lleva a cabo en un mayor número de biodigestores es la de desazolve de tuberías, continuando la de retiro de agua de la geomembrana, esta última solo se lleva a cabo durante las épocas de lluvia en las que ésta se acumula en la cubierta del biodigestor,

sin embargo 45 encuestados dicen retirar el agua de la geomembrana de manera semanal, 33 dicen hacerlo de manera mensual y 3 de manera semestral, 57 mencionaron que cada que sea necesario, lo cual es más realista.

En 140 biodigestores se lleva a cabo el mantenimiento del quemador, en 83 el mantenimiento de las tuberías en general y solo a 49 de los 57 motogeneradores operando se les da mantenimiento. En algunas unidades de producción se llevan a cabo actividades de mantenimiento adicionales como es el deshierbe de la zona circundante del sistema de biodigestión.

En cuanto a la frecuencia del mantenimiento en general que se proporciona a los sistemas de biodigestión, el 68% de los sistemas recibe este mantenimiento semanalmente, el 37% lo recibe mensualmente, 24% anual, 14% semestral, el 1% bimestral mientras que el 8% no recibe ningún tipo de mantenimiento.

La extracción de sólidos es una de las actividades del mantenimiento que más importancia reviste, puesto que si los sólidos sedimentados al interior del biodigestor no son retirados anualmente, como lo recomiendan los proveedores, el sistema puede funcionar de manera incorrecta debido al taponeamiento del sistema de agitación o de las tuberías internas. Solo el 28% de los sistemas operando lleva a cabo esta actividad (en 79 unidades de producción).

De acuerdo a las encuestas, 20 extraen los sólidos de manera semanal y mensual, 5 de manera bimestral, 8 semestralmente y 42 lo realizan anualmente, 4 encuestas por su parte mencionan no haber realizado la extracción. Probablemente existe un desconocimiento de las actividades que implican el mantenimiento del sistema, específicamente de la extracción de sólidos, puesto que las respuestas que mencionan llevarla a cabo de manera semanal, bimestral o semestral, están en un error, puesto que si se extraen los lodos con esa frecuencia, se estaría inhibiendo la actividad bacteriana y no se tendría una buena producción de biogás.

En cuanto al retiro del agua de lluvia de la geomembrana, las encuestas muestran que ésta se hace con una frecuencia mayormente semanal y mensual, sin embargo, lo anterior tampoco es lógico, puesto que esta actividad solo se realiza en épocas de lluvia, de otra manera no es necesario realizarla; 57 encuestados respondieron que realizan esta actividad cuando se requiere (épocas de lluvia).

3. Principales Problemáticas de los Componentes del Sistema

Los sistemas de biodigestión anaeróbica, al contar con diversos componentes, pueden estar expuestos a fallas de distinta índole que pueden afectar o incluso impedir su correcto funcionamiento. Las principales problemáticas detectadas en los sistemas construidos son: a) Inhibición del Biogás, b) Fugas, c) Falta de Mantenimiento, y d) Fallas en los equipos.

3.1. Inhibición de la producción de biogás.

Uno de los problemas que mayormente se presentan en los sistemas de biodigestión anaeróbica es la inhibición en la producción de biogás que puede estar causada por una disminución de la población, aumento en el uso de antibióticos, ausencia del sistema de agitación, no realización de análisis químicos, bajas temperaturas o mal dimensionamiento del sistema; del total de biodigestores construidos y operando, 205 han presentado este problema.

La causa principal que ha provocado la disminución o inhibición de la producción de biogás en los sistemas es la disminución de la población animal (122 encuestas) y la segunda es la ausencia del sistema de agitación (104 encuestas).

3.2. Fugas

Los sistemas de biodigestión pueden estar expuestos a la presencia de fugas que pueden presentarse en diversas partes del sistema, especialmente en la tubería, en la cubierta de geomembrana o en el anclaje de la misma. Del total de biodigestores, 254 ha presentado esta problemática.

La mayor cantidad de fugas se han presentado en la geomembrana (en 95 sistemas) debido al rasgamiento de la misma o a que no se ha hecho un buen trabajo de termofusión. Por su parte, 88 sistemas han presentado fugas en las tuberías de conducción que no se encuentran bien selladas o algunos otros casos por falta de mantenimiento. También se han presentado fugas en el sistema de anclaje y en las tuberías de conducción de biogás hacia el quemador (27 y 34 sistemas para cada componente) y la menor cantidad de fugas se han presentado en el anclaje de la geomembrana.

3.3. Falta de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, la falta de mantenimiento puede provocar fallas en los componentes del sistema, e incluso inhibir su funcionamiento; las principales implicaciones que el no llevar a cabo un mantenimiento preventivo puede traer consigo son: taponamiento de tuberías, acumulación de lodos, desprendimiento de talues y acumulación de agua en la geomembrana; 233 sistemas han presentado problemas por falta de mantenimiento.

De las anteriores, la falta de mantenimiento ha provocado el taponamiento en 71 sistemas, 60 sistemas han acumulado agua en la cubierta del digestor, en 61 sistemas se ha presentado la acumulación de lodos y solo en 19 biodigestores ha habido desprendimiento de taludes. Es necesario mencionar que en 22 sistemas no se lleva a cabo mantenimiento, y se considera que es la principal causa de la problemática general de los sistemas.

3.4. Fallas en los equipos o componentes

De acuerdo a los resultados de las encuestas, se encontraron cinco tipos de fallas y que se enlistan a continuación:

- Fallas en el Quemador
- Fallas en el Sistema de Agitación
- Fallas en el Medidor de Biogás
- Fallas en el Filtro de Azufre
- Fallas en el Motogenerador.

De los sistemas construidos y operando, 164 de éstos han presentando fallas en algún equipo o componente.

En cuanto a las fallas en el motogenerador, 23 sistemas han reportado fallas, es decir, el 40% del total de motogeneradores operando; estas fallas se han debido principalmente a la falta de un mantenimiento adecuado.

De los 333 quemadores instalados, solo 291 se encuentran operando correctamente y de éstos, el 26% ha presentado fallas que básicamente son: combustión incorrecta, apagado constante, deterioro del material soporte y fallas en el sistema de encendido automático.

Únicamente el 3% de los sistemas de agitación operando (173 en total) han tenido fallas, provocadas por la falta de extracción de sólidos que provoca la acumulación de sólidos al interior del biodigestor.

Los sistemas también han presentado fallas en el medidor de biogás, usualmente éste se detiene por episodios no marcando correctamente el flujo de biogás; de los 284 medidores operando, únicamente el 19% ha presentado fallas.

De los sistemas que cuentan con filtros de azufre operando (30), solo el 10% han presentado problemas en su funcionamiento, debidas principalmente a que no han sido reemplazados en el periodo recomendado (2 veces por año).

3.5. Otras problemáticas

La realización de visitas de campo y la aplicación de los cuestionarios base permitió detectar problemáticas adicionales, algunas comentadas por los encuestados y algunas otras observadas por los aplicadores de los cuestionarios:

- ✓ Se detectó que los propietarios de los biodigestores no están muy familiarizados con el funcionamiento de los sistemas y el mantenimiento que se debe proporcionar, lo cual genera regularmente que haya un abandono de los sistemas y que no se proporcione mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- ✓ Se detectó que no existe una capacitación adecuada del encargado del biodigestor, ya que generalmente se asigna a un trabajador de la granja para revisar al sistema, sin embargo, no se les explica el tipo de mantenimiento para cada componente ni la periodicidad con la que se debe hacer.
- ✓ Se identificó también que al interior del biodigestor no solo ingresa la mezcla de excretas y agua, en algunas granjas porcícolas se incorpora también al influente basura, fetos, hojarasca, bolsas de plástico, entre otros objetos y sustancias que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ En algunas granjas porcícolas, se ha variado la dieta de los cerdos y se ha incluido fibra, lo que implica que el influente contenga fibra en verde, lo cual puede tapar las tuberías y en algunos casos inhibir el funcionamiento del biodigestor.
- ✓ Sobredimensionamiento de la capacidad del biodigestor (47% de los) debido a cálculos basados en la capacidad instalada y no en el inventario real de la unidad de producción (regularmente las granjas tienen un porcentaje de ocupación del 40% en promedio), considerando tiempos de retenciones mayores a 60 días y una relación agua excreta mayor a 9:1.
- ✓ Falta de mantenimiento en los componentes del biodigestor, que provocan entre otras cosas taponamiento de las tuberías del influente (de entrada), acumulación de sólidos en la primera parte del biodigestor y en algunas ocasiones colapso total del sistema.

- ✓ Rasgamiento de la geomembrana o desprendimiento del sistema de anclaje, lo que a su vez provoca fugas del biogás, ello debido a una falta de mantenimiento de la geomembrana y de retiro del agua de lluvias acumulada sobre la cubierta.

4. Principales beneficios de la adopción de sistemas

La mayoría de los encuestados 34% consideran que el principal beneficio que ofrece la implementación de sistemas de biodigestión es la disminución en la contaminación, el segundo beneficio más representativo fue la generación de energía eléctrica, que alcanzó el 30%, la disminución de vectores representó el 8%, y finalmente los Ingresos generados a partir de los CERs resultaron el beneficio más importante para el 28% de los encuestados.

Es importante notar que los sistemas que recibieron apoyos por parte de empresas desarrolladoras de proyectos MDL, no consideran como el principal beneficio la obtención de CERs, a pesar de que ésta fue la principal motivación o argumento utilizado por las empresas desarrolladoras para convencer a los productores de instalar biodigestores en sus unidades de producción; de los encuestados en Jalisco y Sonora (estados con mayores proyectos construidos a partir de un MDL), solo el 10% respectivamente consideran la obtención de CERs como el principal beneficio, pudiéndose pensar que tal vez con el paso del tiempo los dueños de las unidades productivas, hayan descubierto los beneficios en cuanto a la generación eléctrica y disminución de la contaminación que les aporta el contar con un biodigestor.

VI. PRODUCCIÓN DE BIOGAS

La elaboración de éste diagnóstico, ha permitido tener un panorama general de la situación de los biodigestores en México. Se realizó un análisis estadístico para definir una muestra mínima de estados a visitar de tal manera que se abarcara la mayor cantidad de sistemas de biodigestión posibles, que pudiesen caracterizar la situación en general de los sistemas de biodigestión en México.

Se realizaron un total de 345 cuestionarios, con el fin de determinar un parámetro indicativo de operación, de éstos se seleccionaron 108 que contaban con lecturas de medición de la producción de biogás y 37 a las que no se pudo realizar la lectura, pero que contaban con registro de producción de biogás, quedando un universo de 145 biodigestores con datos de producción. La totalidad de los biodigestores de ésta muestra están instalados en granjas porcinas.

1. Metodología Aplicada.

Para comparar la producción de biogás obtenida en relación a la potencialidad de los sistemas instalados, se consideraron dos series de datos:

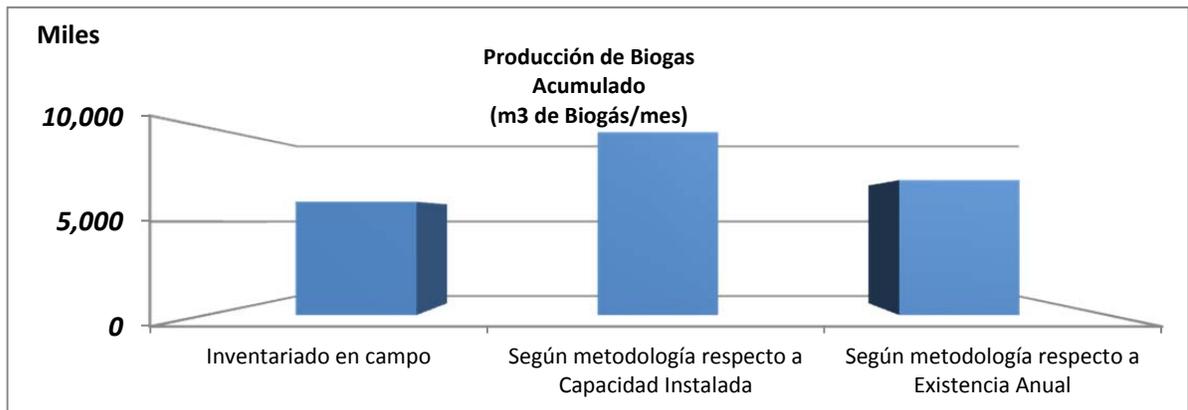
- a. La toma de datos puntuales del flujo de biogás hacia el quemador y/o motogenerador, del registrador volumétrico (medidor) con que cuenta el biodigestor y estimación de la producción, o bien los datos obtenidos de los registros de producción del biodigestor.
- b. La determinación de la generación potencial de biogás, aplicando la metodología establecida en la “**Approved consolidated baseline methodology ACM0010**”,

2. Determinación de la producción potencial de biogás en las granjas analizadas

Tomado en cuenta la información recabada en los cuestionarios, sobre el número de animales de la granja y considerando que en la mayoría de las granjas existentes, sobre todo las más antiguas, los productores, no cuentan con datos del diseño del biodigestor, se procedió a realizar un análisis fundamentado en lo siguiente:

En la siguiente gráfica, se observa en base a la muestra de 145 biodigestores, que la suma de la producción de biogás obtenida de los medidores del biodigestor, representa alrededor del 65 % de la producción obtenida mediante la metodología por la capacidad instalada, pero es cerca del 85 % de la capacidad obtenida en base al número de animales promedio existentes en la granja. Esto se explica por el hecho de que normalmente la población animal presente en las granjas es inferior a la capacidad instalada proyectada para su construcción, por lo que la producción actual de biogás en los biodigestores se relaciona más con la población de la granja que con su capacidad instalada. Por esta razón, para realizar la comparación entre la producción potencial de biogás y la actual obtenida, se optó por considerar como dato comparativo la población promedio anual de la granja, obtenida en las encuestas analizadas.

Producción de Biogas



Fuente: *Elaboración propia con datos obtenidos de las encuestas*

Estos datos reflejan que la producción de los biodigestores se encuentra por debajo de la producción esperada respecto al número de animales promedio manejado en la granja, al igual que con respecto al número de animales que correspondería a la capacidad de las instalaciones.

Según los datos descritos anteriormente, en su conjunto los sistemas de biodigestión, no alcanzarán el nivel de producción en función de sus capacidades instaladas o bien por su inventario de animales. En razón de estos resultados, para obtener un mejor indicativo del comportamiento individual de los sistemas, se analizó cada granja de las 145 muestreadas, y se determinaron para cada una, los valores de producción indicados en los párrafos anteriores. Como resultado de este análisis, se encontraron tres condiciones:

1. El dato tomado de las mediciones en campo, es superior al determinado aplicando la metodología. Se considera este caso, cuando la producción de biogás en base a estas mediciones de campo, es mayor al 120% de la producción de biogás obtenida con la metodología con base en la existencia promedio anual de animales.
2. El dato tomado en campo es congruente con el valor de producción estimado con la metodología en base al número de animales promedio anual. Este caso, está basado en la característica de que los datos de producción de biogás en campo sea +/-20% con respecto al valor de referencia de producción de biogás con la metodología, en base a la existencia promedio anual de animales.
3. Los datos tomados en campo, reflejan una producción anual de biogás inferior al valor de producción estimado en base a la metodología y el número promedio de animales existentes en el año. Para esta tercera condición, la producción de biogás obtenida en campo, es menor al 80% de la producción estimada con la metodología.

De acuerdo con este análisis y criterios, se encontró que del universo de 145 biodigestores analizados, 89 proyectos presentan una producción de biogás inferior a lo estimado con la metodología, 26 proyectos están produciendo biogás en condiciones similares a lo estimado en base a la metodología, es decir que su producción es adecuada según la capacidad instalada y el número promedio anual de animales existentes en la granja y los 30 proyectos restantes se encuentran con una producción mayor a lo esperado, según lo estimado con la

metodología. Esto significa que el 61% de los biodigestores de la muestra tienen una producción inferior al 80% del valor estimado de acuerdo a la metodología utilizada.

Con el fin de detectar posibles causas de la menor producción de biogás de los biodigestores ubicados en dicho 61%, se correlacionaron sus producciones con la problemática detectada a través de los cuestionarios aplicados a cada proyecto. A partir de esta comparación, se definió un listado de posibles causas atribuibles para la baja producción de biogás, el cual se presenta a continuación

3. Causas posibles de afectación a la producción de biogás de los biodigestores.

1. No cuenta con sistema de agitación
2. Bajo o nulo mantenimiento
 - a) Taponamiento de tuberías
 - b) Acumulación de lodos
 - c) Desprendimiento interno de taludes
 - d) Acumulación agua de lluvia sobre la geomembrana
3. Fallas en equipos y sistemas de operación
 - a) Sistema de Agitación
 - b) Tuberías conducción
 - c) Geomembrana
 - d) Medidor de biogás

Cada proyecto fue revisado mediante una visita a las instalaciones, para detectar el tipo de problemática presente, sin embargo, en algunos casos no se reportaron problemas esto se puede atribuir a que en algunas granjas no se concedió el acceso al personal que realizó las visitas.

La siguiente tabla, presenta una matriz de la problemática detectada en el universo de 145 proyectos analizados.

Número de proyectos y problemática identificada

PROBLEMATICAS DE LOS BIODIGESTORES POR NIVEL DE POTENCIAL								
POTENCIAL	BIODIGESTORES CON PROBLEMATICAS DETECTADAS	PROBLEMATICAS DETECTADAS						TOTAL DE PROBLEMATICAS DETECTADAS
		AUSENCIA DE SISTEMA DE AGITACION	%	BAJO O NULO MANTENIMIENTO	%	FALLAS EN EQUIPOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS	%	
INFERIOR	71	35	49.3	37	52.1	28	39	100
ALCANZADO	20	14	70	8	40	2	10	24
SUPERIOR	28	25	89.3	7	25	3	11	35
TOTAL	119	74	62.2	52	43.7	33	28	159

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las encuestas

De acuerdo con la información contenida en la matriz anterior, se detectaron problemas de diseño, operación y mantenimiento en biodigestores que se encuentran en los tres casos de niveles de producción de biogás, se pudo corroborar que los proyectos de biodigestores con una producción inferior a la estimada, son los que presentan el mayor número de problemas.

El caso de los proyectos con producción inferior a lo estimado que presentaron algún tipo de problema, representa el 60%, seguido de los proyectos con generación de biogás superior a la esperada, que representó el 23%.

Del total de problemas identificados, la ausencia del sistema e agitación, representa el 46%, el bajo o nulo mantenimiento el 33% y las fallas en equipos primarios y secundarios el 21%

Integrando la información de la problemática detectada (ausencia de sistemas de agitación, bajo o nulo mantenimiento, fallas en equipos primarios y secundarios), con relación a la producción de biogás respecto a la esperada, se obtiene que del total de 159 problemas detectados, 100 suceden en los biodigestores con generación inferior a la esperada, distribuyéndose de la siguiente manera: 35 proyectos con ausencia de sistema de agitación, 37 proyectos con un bajo o nulo mantenimiento, 28 proyectos con fallas en equipos primarios. Cabe destacar que en el caso de los biodigestores que presentaron datos de generación de biogás dentro del rango del esperado, se presentaron menor número de problemas.

De acuerdo a la información y análisis, se puede atribuir la disminución de la generación de biogás, a la problemática detectada, debido a la clara relación de estos hechos, y que principalmente el factor que más ha influido en esta baja de producción de biogás, es el relacionado con el mantenimiento, seguido de un problema que se puede atribuir a un mal diseño y que es la falta de sistema de agitación, exceptuando el caso de aquel proyecto en el que este sistema haya presentado una falla y no haya sido reparado. También se atribuye la disminución de la producción a las fallas presentadas en equipos primarios y secundarios, para los cuales el nivel del estudio realizado, no permite establecer si se debe a fallas por defecto de los mismos o a un bajo mantenimiento, que aunado a la falta de garantía ocasiona que estos sistemas operen a baja eficiencia.

En la siguiente, Grafica se puede ver que en un total de 71 proyectos, se detectaron 100 diferentes problemas, lo que indica que 28 de estos proyectos, presentan de 2 a 3 problemas simultáneamente.

La ausencia del sistema de agitación, representó el 46% de las problemáticas detectadas en los 145 biodigestores, ésto un indicativo de un problema grave de diseño inicial, por lo que es sumamente importante que se considere en los diseños, la aplicación de criterios técnicos, que evitarían que los proyectos presenten la serie de problemas que ha sido detectada en este estudio.

No obstante los resultados encontrados, y tomando en consideración las inconsistencias de algunos de los resultados obtenidos, se requiere que para poder tener un diagnóstico con mayor profundidad, se realice un procedimiento de ejecución del diagnóstico que permita conocer con mayor fidelidad los datos de campo, tales como las mediciones de producción de biogás, las condiciones de operación de los biodigestores, los datos de laboratorio sobre los efluentes e influentes, etc.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de éste diagnóstico, ha permitido tener un panorama general de la situación de los sistemas de biodigestión existentes en México, dando a conocer por una parte, el número total de biodigestores en base a la muestra estadística y las características y problemáticas a las que se enfrenta este sector.

Se identificó que la gran mayoría de biodigestores han sido instalados bajo el esquema MDL, en el cual las empresas desarrolladoras aportaron toda la inversión necesaria para la construcción y puesta en marcha de los sistemas; las empresa de esta índole fueron AgCert y Ecosecurities, Cantor CO2 y Grupo Porcícola Mexicano, las cual registraron ante la junta ejecutiva 563 proyectos de biodigestión tanto en granjas porcícolas como en establos lecheros, sin embargo, debido a falta de recursos y a las dificultades que tuvieron para el cálculo de la línea base (sobre todo en establos lecheros), de este total de biodigestores registrados, solo se encuentran construidos 258 biodigestores de acuerdo a los estados muestra. El resto de los biodigestores construidos o en proceso de construcción están siendo apoyados por el FIRCO y algunos proyectos piloto fueron construidos bajo la Iniciativa M2M.

La mayoría de sistemas instalados (317), tanto por las empresas desarrolladores, FIRCO o M2M han sido en granjas porcícolas, ello debido a que las granjas formales (granjas de más de 500 animales) de esta especie existentes en México, cumplen con las características necesarias en cuanto al inventario de animales y el volumen y calidad de las excretas, de igual manera, es fácilmente calculable la línea base de acuerdo a la existencia de la laguna secundaria y las inversiones para estos tipos de sistemas son generalmente rentables. La implementación de biodigestores en establos lecheros, no resulta tan viable debido a que en éstos la mayor parte de los pisos de las instalaciones son de tierra y al momento de recolectar la excreta, esta lleva impurezas que pueden afectar el correcto funcionamiento del biodigestor. Lo anterior explica el por qué el mercado de ésta tecnología se ha enfocado básicamente al sector porcícola.

Comparando el total de biodigestores en granjas porcícolas, con la cantidad de granjas formales que existen en el país, se puede concluir que existe un enorme potencial para esta tecnología de más del 90%. Para el caso de establos lecheros, el potencial es aún mayor, superando un 95%. Es importante mencionar que en cuanto al sector porcícola, las granjas medianas y pequeñas no han sido contempladas aún por estos sistemas, por lo cual, el potencial para establecer biodigestores (tal vez con una tecnología más barata y adaptada a un menor número de animales) en estos dos sectores, aún está sin explotar.

El funcionamiento de los biodigestores es en general adecuado, sin embargo, en éstos se encontraron algunas fallas en cuanto al mantenimiento, ya que se encontró que casi un 47% de biodigestores presentan un sobredimensionamiento en el volumen del digestor y en el cálculo de los días de retención, ello debido a que dichos cálculos se basaron a la capacidad instalada de las unidades de producción y no al inventario real, considerando que la tasa de ocupación es en promedio del 45%. De igual manera, se encontraron algunas fallas en la operación de los sistemas, debidas principalmente a la falta de mantenimiento en sus diferentes componentes, por ejemplo, hay algunas granjas en las que brindan mantenimiento una vez por año al sistema, sin tener en consideración que algunos equipos requieren algún chequeo o cambios con una periodicidad frecuente, como los filtros de humedad y azufre, o el retiro del agua de la cubierta del biodigestor, cada que se acumule.

La principal problemática a la que se enfrentan estos sistemas, es de acuerdo a lo anterior, la falta de mantenimiento adecuado y constante del sistema en general y de sus componentes.

Cabe mencionar también que dicha falta de mantenimiento, se debe a que no existe una familiarización entre el propietario de la unidad productiva, el funcionamiento del sistema y el mantenimiento del mismo, ya que regularmente es a una persona a la que se le asigna el seguimiento del sistema, quien está ocupado en sus propias actividades al interior de la granja.

A partir de lo anterior se recomienda:

- ✓ Buscar que las empresas instaladoras y proveedores de los sistemas de biodigestión y sus componentes se encuentren en el Padrón de Empresas Confiables Certificadas, de tal manera que no vuelva a ocurrir un abandono de los proyectos en ninguna de sus etapas, evitando así el descontento y desconfianza de los productores.
- ✓ Implementar un programa de rescate de aquellos biodigestores instalados por las empresas desarrolladoras y que quedaron abandonados en diferentes etapas de su implementación.
- ✓ Asegurarse que las empresas instaladoras incluyan a los propietarios o encargados de las unidades productivas en las cuestiones básicas del diseño del sistema, de tal manera que sepan de forma general los parámetros para el cálculo del biodigestor, ya que se observó que los propietarios los desconocían totalmente, por ejemplo algo básico como el volumen de agua utilizado diariamente en su unidad productiva.
- ✓ Llevar a cabo talleres práctico-demostrativos en zonas porcícolas y lecheras con potencial para la tecnología de biodigestión anaeróbica, a fin de mostrar a los propietarios de las unidades de producción los beneficios económicos, ambientales y en la salud que éstos sistemas proporcionan.
- ✓ Ampliar el alcance del presente diagnóstico en una segunda etapa, a fin de abarcar todos los biodigestores documentados y tener así un panorama más amplio de la situación actual de ésta tecnología, su tendencia, así como sus retos y oportunidades.
- ✓ Incursionar con nuevas tecnologías específicamente la de tipo bolsa para incluir a las granjas porcícolas medianas (de 51 a 500 animales) y pequeñas (de 1 a 50 animales) que cuentan con sistemas de confinamiento, y que puedan utilizar el biogás obtenido al interior de la unidad productiva como energía térmica.

A manera de conclusión se puede remarcar que aunque existen pocos sistemas de biodigestión anaeróbica en México, en comparación con el universo de granjas y establos lecheros existentes en el país, éstos están construidos en unidades con un gran número de inventario, por lo cual, con un número reducido de sistemas, se está abarcando una importante cantidad de la población de animales de estos sectores productivos, la mayoría de los propietarios de los sistemas encuentran que sus biodigestores les traen mayormente beneficios en cuanto a la reducción de costos por la generación de energía eléctrica a partir del biogás y en cuanto a la disminución de la contaminación ambiental.

REFERENCIAS

- ✓ Taiganides Et al.
- ✓ Salazar Gerardo. Técnicas para el Manejo y Recolección de Excretas, 2006. INIFAP.
- ✓ http://cambio_climatico.ine.gob.mx/preguntasfrecuentes/protocolodekiotoymdosdebonos.html
- ✓ www.semarnat.goib.mx/queesemarnat/cambioclimatico/pages/mdl.aspx
- ✓ COMEGEI, 2007.
- ✓ www.methanetomarkets.org
- ✓ Específicamente en los sitios web de información estadística oficial como INEGI, SIAP, SAGARPA
- ✓ Sistemas de Cuenta Nacionales de México 2009 www.inegi.gob.mx
- ✓ Programa sectorial de desarrollo agropecuario y Pesquero 2007-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA. Pag.3
- ✓ <http://www.siap.gob.mx>
- ✓ SIAP 2008
- ✓ Porcicultura <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio.htm>
- ✓ Vicente Gómez Cobo, presidente de la ANGLAC, abril del 2010
- ✓ La leche de los derivadores lácteos en México. Antecedentes históricos y situación actual, coordinación, General de Ganadería, SAGARPA 2003
- ✓ <http://unifcc.int/resource/docs/natc/maxnc4s.pdf>