USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR

Evaluación de recursos pecuarios y agro-industriales para la reducción de emisiones de metano en Honduras

Octubre 2009

PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA AMBIENTAL Y LABORAL CAFTA-DR

Evaluación de recursos pecuarios y agro-industriales para la reducción de emisiones de metano en Honduras

CNP+LH
Centro Nacional de Producción mas Limpia de Honduras

Elaborado por el Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras, San Pedro Sula, Noviembre, 2009.

ÍNDICE

Índice **2**

Indice de figuras **4**

Indice tablas **4**

resumen ejecutivo **6**

Siglas y Acronimos **7**

Agradecimientos **9**

1. Introducción **10**

1.1 Emisiones de metano del estiércol de animales 11

1.2 Agroindustria 12

2. Antecedentes y criterios de selección **14**

2.1 Emisiones de metano en los sectores agropecuarios y agroindustriales 15

2.1.1 Emisiones relacionadas con estiércol 15

2.1.2 Emisiones relacionadas a descargas agroindustriales (líquidas y sólidas) 18

2.2. Descripción de los criterios de selección para determinar sectores potenciales 20

2.3 Ejemplos de proyectos para reducción de emisiones en el país 22

3. Caracteristicas de los sectores y subsectores **24**

3.1 Subsectores que actualmente tienen emisiones de metano significativas 24

3.1.1 Subsector porcino de carnes 26

3.1.2 Subsector sacrificio de aves 31

3.1.3 Subsector avícola postura comercial húmedo 32

3.2 Subsectores con potencial de generación de metano 35

3.2.1 Subsector avícola postura en seco 36

3.2.2 Subsector producción artesanal de quesos 36

3.2.3 Subsector vegetales orientales para exportación 38

3.3 Sectores que no generan metano 44

3.3.1 Textil 44

3.3.2 Sector azúcar 45

4. Factibilidad de sistemas de digestión anaeróbica **47**

4.1 Reducción de emisiones directas 47

4.1.1 Sector porcino y avícola 47

4.1.1 Sector sacrificio de aves 48

4.2 Uso potencial de energía 49

4.2.1 Sector porcino y avícola 49

4.2.1 Sector sacrificio de aves 50

4.2 resumen 51
Otros sitios de información 52
Glosario 53
Bibliografía 54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones globales de metano por manejo de estiércol, 2005 (234,57 MTM CO_2E). 11
Figura 2. Emisiones de metano del sector agrícola, Honduras, 1995. 11
Figura 3. Emisiones a nivel mundial de los residuos del sector agroindustrial 12
Figura 4. Lagunas cubiertas para la captura del biogás (metano) 23
Figura 5. Mapa de Honduras por Departamentos. 24
Figura 6. Distribución espacial de la temperatura en Honduras. Promedios anuales (1961-1988) 25
Figura 7. Proceso típico de limpieza en húmedo de corrales en granjas semi-tecnificadas 29
Figura 8. Disposición de residuos líquidos en lagunas de retención 29
Figura 9. Disposición de la gallinaza en la fosa de un galpón elevado. 33
Figura 10. Laguna de retención para disposición aguas residuales en un matadero municipal en Honduras. 42

INDICE TABLAS

Tabla 1. Resumen del potencial de reducción de emisiones de Metano en Honduras 6
Tabla 2. Estimación de las emisiones totales de gases con efecto invernadero de Honduras en 1995 13
Tabla 3. Valores predeterminados de tasas de excreción de sólidos volátiles para vacas lecheras, porcinos de cría, y porcinos de carne, kg/cabeza-día 16
Tabla 4. Factores predeterminados de emisión de metano para diferentes sistemas de manejo de estiércol 16
Tabla 5. Valores predeterminados de potencial de producción de metano para vacas lecheras, cerdos de cría y cerdos de carne, m^3 CH_4/kg Vs. IPCC 2006 16
Tabla 6. Factores característicos de la generación de metano para diferentes tipos de gestión de excretas en Honduras 17
Tabla 7. Valores predeterminados MCF para aguas residuales industriales 19
Tabla 8. Ejemplos de datos de aguas residuales industriales 20
Tabla 9. Valores de referencia proyecto captura de metano empresa PALCASA 23
Tabla 10. Principales sectores con potencial de reducción de emisiones de metano 25
Tabla 11. Subsectores con emisiones significativas de metano 26
Tabla 12. Resumen sector porcino 28
Tabla 13. Granjas de engorde porcino 30
Tabla 14. Gestión de residuos en granjas tecnificadas 30
Tabla 15. Gestión de residuos en el total de granjas del sector porcino 31

Tabla 16. Plantas de sacrificio de aves de corral 31
Tabla 17. Resumen sector avícola 32
Tabla 18. Granjas de postura comercial 34
Tabla 19. Gestión de residuos en el total de granjas y plantas procesadoras del sector avícola 34
Tabla 20. Subsectores con emisiones potenciales de metano 35
Tabla 21. Resumen sector lácteo 37
Tabla 22. Plantas de procesamiento industrial de lácteos 38
Tabla 23. Resumen sector Frutas & Vegetales 39
Tabla 24. Resumen de generación de residuos en el sector camarón & langosta 41
Tabla 25. Gestión de residuos en rastros 42
Tabla 26. Resumen de generación de residuos en el sector mataderos 43
Tabla 27. Resumen de generación de residuos en el sector textil 44
Tabla 28. Resumen de generación de residuos sólidos en el sector azúcar 46
Tabla 29. Emisiones del sector porcino 47
Tabla 30. Emisiones del sector avícola 48
Tabla 31. Emisiones del sector sacrificio de aves 48
Tabla 33. Emisiones del sector porcino 49
Tabla 34. Emisiones del sector avícola en húmedo 50
Tabla 35. Emisiones del sector sacrificio de aves 50
Tabla 36. Tabla resumen de las emisiones de los sectores porcino, avícola y sacrificio de aves 51

RESUMEN EJECUTIVO

El Programa Regional para Centro América y México de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), tiene contemplada, dentro de uno de sus capítulos, el "Mejoramiento en el Desempeño Ambiental del Sector Privado" en los países de CAFTA-DR. La presente evaluación de los recursos pecuarios y agroindustriales se desarrolla con el objeto de identificar el manejo de los residuos y las posibilidades de reducción de emisiones de metano en los 8 sectores priorizados por el proyecto:

- Avícola,
- Lácteo,
- Granjas de cerdos,
- Procesamiento de azúcar,
- Frutales y vegetales,
- Mataderos,
- Camarones y langostas (mahi mahi), y
- Textiles.

La iniciativa tiene como objetivo identificar los sectores claves que actualmente generan gases de efecto invernadero (GEI), priorizarlos e identificar la potencial implementación de la digestión anaeróbica como una alternativa para el tratamiento primario de los desechos, y la captura y aprovechamiento del metano como una fuente alterna de energía.

La siguiente tabla resume los sectores y subsectores con gran potencial de reducción de las emisiones de metano (y equivalentes en CO_2). El sector con mayor potencial es el porcino, seguido del sacrificio de aves y la avicultura.

Tabla 1. Resumen del potencial de reducción de emisiones de Metano en Honduras

Sector	Reducciones directas (m^3 CH_4 / año)	Reducciones directas (Tm CO_2e / año)	Reducciones potenciales indirectas (Tm CO_2e / año)	Reducciones potenciales totales (Tm CO_2e / año)
Porcino	6,566,934	92,397	24,505	116,901
Avícola	3,932,329	55,328	10,421	65,749
Sacrificio de aves	266,956	3,756	2,830	6,586
Total	10,766,219	151,481	37,755	189,236

También es importante mencionar que existen otros sectores en los cuales las prácticas actuales en el manejo de los residuos no generan metano, sin embargo, las características fisicoquímicas de las descargas y su situación geográfica y particularidades propias del sector, lo hacen altamente generador potencial de metano vía la implementación de digestión anaeróbica; tal es el caso de los sectores lácteos, mataderos, frutas y vegetales y mataderos.

SIGLAS Y ACRONIMOS

AHM	Asociación Hondureña de Maquiladores
ANAPOH	Asociación Nacional de Porcicultores de Honduras
ANAVIH	Asociación Nacional de Avicultores de Honduras
ANDAH	Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras
CAHSA	Compañía Azucarera Hondureña S.A.
CADECA	Compañía Avícola de Centro América
CESCCO	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
CNP+LH	Centro Nacional de la Producción Más Limpia de Honduras
DA	Digestión Anaeróbica
DECA	Dirección de Evaluación y Control Ambiental
DEI	Dirección Ejecutiva de Ingresos
DR-CAFTA	Tratado de Libre Comercio entre Centro América, República Dominicana y los Estados Unidos de América
ELE	Excelencia Ambiental Laboral (ELE por sus siglas en ingles)
FENAGH	Federación Nacional de Agricultores y Ganaderos de Honduras
FUNDER	Fundación de desarrollo empresarial rural
GEI	Gases de efecto invernadero
Gg	Gigagramos
INGEI	Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IPCC	Programa de Inventarios para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles)

JICA	Agencia para la Cooperación Internacional del Japón
LACTHOSA	Lácteos de Honduras, Sociedad Anónima
MCF	Factor de Conversión de Metano
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
PIB	Producto Interno Bruto
P+L	Producción Más Limpia
PROMUCA	Procesadora Municipal de Carnes
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras
SENASA	Servicio Nacional de Seguridad Agropecuaria de Honduras
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio "Evaluación de recursos pecuarios y agro-industriales para la reducción de emisiones de metano en Honduras", fue realizado por la firma de consultoría Chemonics, el Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras y PA Consulting, gracias a la cooperación de los siguientes instituciones (públicas, privadas y ONG):

- Dr. Marco A. Baquedano: Director Técnico, ANAVIH
- Lic. Oscar Iglesias, Ing. Félix Alvarenga: Técnicos, CADECA
- Ing. Henry Mejía: Gerente de producción, LACTHOSA
- Ing. Reiniery Ayestas: Departamento de Producción, CAHSA
- Sr. Ricardo Gómez: Gerente General, ANDAH
- Ing. Ángel Meza: Oficial de Agro negocios, FUNDER.
- Sr. Jaime Rodríguez: Promotor Ambiental, CESCCO
- Sr. José Ulloa: Gerente, PROMUCA

El estudio fue auspiciado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), como parte de la colaboración en el marco del programa CAFTA -DR.

Este documento fue realizado sobre la base del convenio de colaboración entre la USAID y Chemonics. El uso, distribución, copia o referencia de este documento por parte de personas o entidades no involucradas en el Proyecto, deberá estar autorizado por la cualquiera de las partes.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio de "Evaluación de recursos pecuarios y agroindustriales para la reducción de emisiones de metano en Honduras", surge como iniciativa del programa regional para Centro América y México de la agencia para el desarrollo internacional de los Estados Unidos (USAID), que esta implementado un Programa de Excelencia Ambiental y Laboral (ELE) para los países miembros del CAFTA-DR ya que en su calidad de signatarios, los países participantes se obligan a mejorar y hacer cumplir en forma eficaz sus leyes ambientales y laborales en vigencia.

En este sentido, el Programa Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR, apoya a los países miembros para que cumplan con sus compromisos ambientales y laborales establecidos en el tratado, y como parte del fortalecimiento institucional, los centros de producción más limpia de cada país, tienen un papel protagónico en la ejecución de los estudios y diagnósticos que se están ejecutando.

Para proporcionar un máximo apoyo al trabajo relacionado con la reducción de emisiones de metano, el Centro Nacional de la Producción Más Limpia de Honduras (CNP+LH) en este estudio se enfoca en analizar aquellos sectores priorizados por ELE: avícola, lácteo, granjas de cerdos, azúcar, frutas y vegetales, mataderos, camarones y langostas (y mahi mahi), y textiles.

En resumen, de todos los sectores mencionados podemos estimar en cuanto a su tamaño y como unos de los más significativos aportantes con un 20 % al PIB (14,360 millones de dólares estimados al final del 2008) se encuentra el sector textil. Los sectores azúcar, frutas y vegetales y lácteos varían en un promedio del 1.1 al 3% su aportación al PIB. En lo que respecta al sector avícola este aporte se estima en un 5%. La cría de ganado bovino aporta de forma mantenida alrededor del 1%. El sector camarón y langosta, ha incrementado su aportación a las exportaciones del país, de un estimado de 42 millones de dólares americanos en 2005 a un proyectado de 50.5 millones de dólares americanos en 2008 con un crecimiento del 20% (Banco Central de Honduras, 2009). Adicionalmente, en producción, procesamiento y conservación de carne y pescado, la contribución de estas industrias al PIB Nacional es de aproximadamente el 1% (BCH, 2009). La cría de cerdos aporta de forma mantenida alrededor de $10.4 millones de dólares americanos anualmente (0.07%).

En este contexto el CNP+LH, luego de realizar un análisis que define las potencialidades de cada sector en temas de P+L y que permitió identificar oportunidades en temas de aprovechamiento de los residuos generados, estableció que la prioridad en Honduras seria para lácteo, porcino (granjas de cerdos), avícola, frutas y vegetales.

El objetivo principal de esta evaluación es identificar el potencial para la incorporación de la digestión anaeróbica en el proceso del manejo de los residuos (sólidos/líquidos) en los sectores agropecuarios y agroindustriales, para reducir las emisiones de metano y proporcionar una fuente de energía renovable en Honduras. Este informe documenta los sectores de interés y los prioriza en términos de su potencial de reducción de emisiones de metano.

Por último, es importante señalar que esta evaluación se limita a documentar las alternativas tecnológicas disponibles para la reducción de emisiones; no se refiere a la factibilidad económica de su implementación, misma que debe evaluarse posteriormente sobre la base de estudio de cada sector o subsector específico.

1.1 Emisiones de metano del estiércol de animales

A nivel mundial, el manejo del estiércol de ganado genera unas emisiones de metano equivalentes a 230 millones de toneladas métricas de CO_2 ($MTMCO_2$ equivalente). El ganado porcino contribuye con aproximadamente el 40 % de las emisiones, seguido del ganado de leche y carne con una participación de 20% cada uno. En la siguiente figura, se muestran los países que tienen una mayor contribución en las emisiones provenientes del manejo del estiércol.

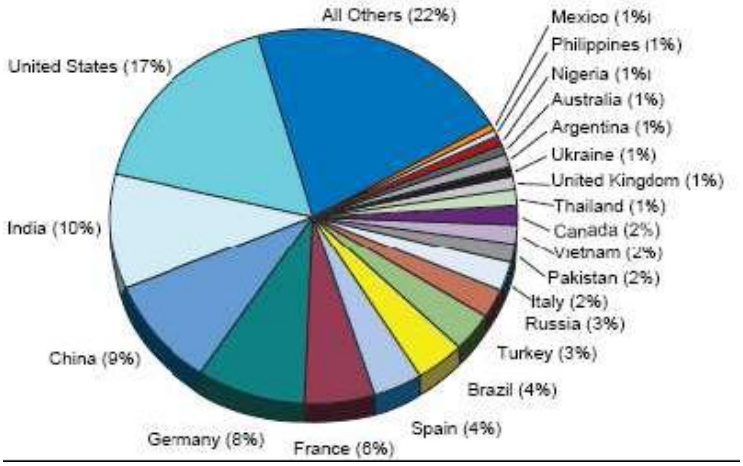

Figura 1. Emisiones globales de metano por manejo de estiércol, 2005 (234,57 MTM CO_2E).
Fuente: Methane to Markets, Background Information

En Honduras, en 1995, las emisiones de metano producidas por la fermentación entérica durante el proceso digestivo de los animales, fueron estimadas en 121.44 Gg[1], que corresponden al 93.06% del total de metano emitido del sector agrícola, y el 31.5% de las emisiones totales. Las emisiones provenientes del manejo de estiércol fueron estimadas en 5.19 Gg de metano que corresponden al 4% del total (figura 2), de los cuales el 50% corresponde al ganado lechero.

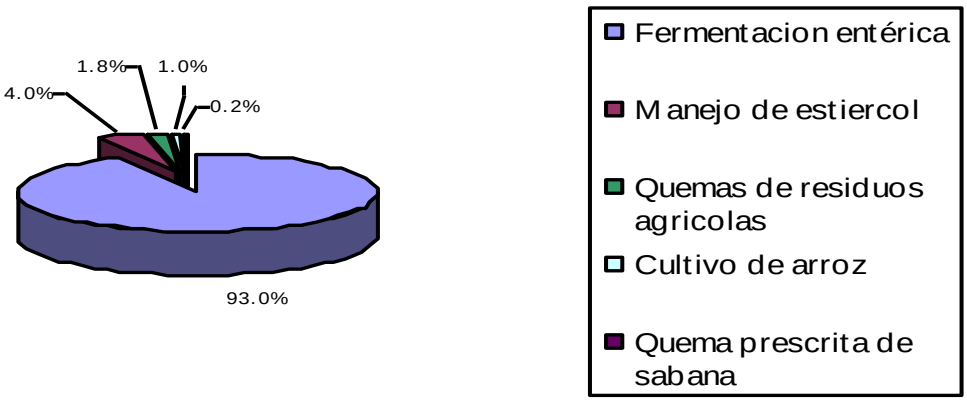

Figura 2. Emisiones de metano del sector agrícola, Honduras, 1995.
Fuente: Primera comunicación de Honduras a la UNFCCC

[1] Gg: Gigagramos.

1.2 Agroindustria

La Agroindustria se considera un sector importante en la generación de emisiones de metano. Sus descargas son más fáciles de biodegradar que el estiércol de animal. Por lo tanto, son mayores las reducciones en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), y sólidos volátiles (VS) durante la digestión anaeróbica; siendo potencialmente más impactante la producción de metano en este sector. La siguiente figura 3, muestra las emisiones de CH_4 en la agroindustria a nivel mundial.

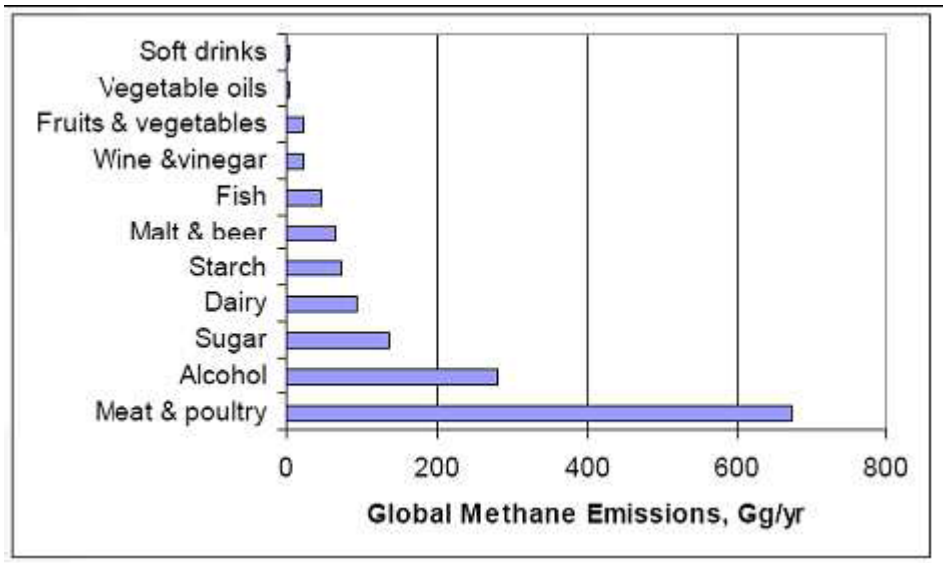

Figura 3. Emisiones a nivel mundial de los residuos del sector agroindustrial
Fuente: Doorn et al. 1997

El total de emisiones de gases con efecto invernadero de Honduras estimadas según el INGEI para 1995 fue de 5,433.23 Gigagramos (5,433.230.00 Toneladas) de dióxido de carbono o sean 0.97 Toneladas per cápita; 385.45 Gg de metano; 5.18 Gg de óxido nitroso; 63.80 Gg de otros óxidos de nitrógeno; 1,528.59 Gg de monóxido de carbono y 85.51 Gg de componentes orgánicos volátiles diferentes al metano.

El metano ocupa el segundo lugar en importancia, de los gases de efecto invernadero; su contribución a la "Fuerza Radiativa" añadida a la atmósfera en la década de los ochenta, a nivel global, fue de aproximadamente 15%. La concentración de metano en la atmósfera, en las últimas décadas ha sido más del doble y continúa aumentando aproximadamente un 1% al año.

Aunque las emisiones globales de metano son menores que las de CO2 su contribución al calentamiento global es significativa. La capacidad del metano para atrapar el calor en la atmósfera es 24.5 veces mayor que la del CO2, en un horizonte de tiempo de 100 años.

Las emisiones de metano en Honduras durante 1995 han sido estimadas en 385.49 Gg. Las fuentes antropogénicas más importantes de este gas son las emisiones provenientes de la agricultura (33.8%), el manejo de los desperdicios (33.2%) y el cambio de uso de la tierra (32.68%), Tabla 2.

Tabla 2. Estimación de las emisiones totales de gases con efecto invernadero de Honduras en 1995

Sector	Emisiones Totales Gg (Giga gramos)					
	CO_2	CH_4	N_2O	NOx	CO	NWVOC
Energía	3,570.46[1]	0.57[2]	0.26[2]	29.87[2]	367.30[2]	50.86[2]
Procesos Industriales	514.72					32.65
Agricultura		130.51	2.066	2.52	55.034	
Cambio de uso de la tierra	1,348.05	126.43	2.02	31.41	1,106.26	
Desperdicios		127.98	0.83			
TOTAL	5,433.23	385.49	5.18	63.80	1,528.59	83.51

Fuente: Primera comunicación de Honduras a la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, 1995, SERNA.

[1] Corresponde a la emisión por combustibles fósiles (usando el Método de Referencia)

[2] Se obtuvieron usando el Método Nivel I restando las emisiones del sector residencia (consumo de leña) por estar contemplada en el Sector cambio de uso de la tierra y silvicultura

En este sentido, la digestión anaeróbica (DA) a nivel mundial, es una de las tecnologías más utilizadas en el sector agrícola, la cual permite la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero a través de la captura y el uso del biogás como una fuente de energía limpia y renovable. Además, permite obtener una mejor calidad de aire y agua, controlar los olores, y mejorar el control de nutrientes.

2. ANTECEDENTES Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

La metodología utilizada[2] para el desarrollo de este estudio se basa en la construcción de perfiles generales de los sectores pecuarios y agroindustriales empezando por una lista de operaciones y distribución por tamaño y posición geográfica para cada uno. Para los diferentes grupos de productos en el sector pecuario, la medida apropiada para delinear la distribución por tamaño es la población permanente promedio anual, p. ej. Número de vacas lecheras, ganado vacuno, cerdos, etc. Para los diferentes grupos de productos en el sector agroindustrial, es la masa o volumen de capacidad de procesamiento anual o la masa o volumen del producto procesado anualmente. Con la construcción de estos perfiles es posible determinar la composición de los sectores y la relativa importancia de estos. Para lograrlo, el equipo de investigación realizó las siguientes tareas:

- Visitas técnicas a empresas representativas de los sectores. Visita a sitio en diferentes sectores/tamaños para caracterizar el manejo de los residuos y su disposición, para validar la información recolectada a través de otras fuentes.

- Entrevistas con expertos locales de los ministerios pertinentes (por ejemplo, los ministerios de agricultura y ambiente), las organizaciones no gubernamentales locales y de ingeniería y empresas consultoras que trabajan en agricultura y desarrollo rural, los usuarios actuales de las tecnologías de DA, y otros partes interesadas.

- Fuentes de información secundarias a nivel nacional e internacional (por ejemplo, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), información específica de los subsectores a través de revistas especializadas y de negocios, y otros documentos e informes estadísticos.

Con esta información, nos enfocamos inicialmente en aquellos sectores con el mayor potencial de reducción de emisión de metano a partir de sus prácticas de manejo de residuos y en aquellos grupos de productos con emisiones más altas para utilizar de forma efectiva los recursos disponibles. Idealmente, estos perfiles de sectores pueden desarrollarse a partir de información estadística publicada por una agencia gubernamental. Si dicha información no está disponible o es inadecuada, se debe utilizar una segunda fuente confiable como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

El siguiente paso es caracterizar las prácticas de manejo de residuos utilizadas por las mayores operaciones en cada sector. Típicamente, sólo un pequeño porcentaje del número total de operaciones en cada sector será el responsable de la mayoría de la producción y por lo tanto, de las emisiones de metano. Adicionalmente, las prácticas de manejo de residuos empleadas por los mayores productores en cada sector son relativamente uniformes. Este proceso debe ser apoyado a través de la identificación y contacto directo de operaciones individuales, asociaciones de productores, o consultores locales o de negocios para obtener o validar esta información.

[2] PA Consulting Group

Una vez que se tiene la información acerca de prácticas de manejo de residuos, se realiza una evaluación respecto a las magnitudes de emisiones de metano actuales para identificar aquellos sectores que deben recibir inicialmente análisis adicional. Por ejemplo, grandes operaciones en el sector pecuario, tal como carne o lácteos, que se basan principalmente en un sistema de producción de pastoreo en donde el estiércol se distribuye continuamente por parte de los animales pastando, sólo tendrá emisiones nominales de metano porque la descomposición del estiércol se dará principalmente por actividad microbiana aeróbica. De forma similar, un sector de procesamiento de productos agrícolas con grandes operaciones que utilicen descarga directa de aguas residuales sin tratar a un río, lago u océano, no será una fuente de emisiones importantes de metano.

Este enfoque está diseñado para que sea un proceso interactivo. Después de completar las evaluaciones de los principales productores en cada sector, se debe seguir con las evaluaciones del segundo nivel y si es posible, de los niveles más bajos en la medida de lo posible. Si todos los productores en un grupo de productos usan las mismas prácticas de manejo de residuos, es posible llevar a cabo una única evaluación para el grupo entero.

En la siguiente sección se describen los métodos generalmente aceptados para calcular emisiones de metano a partir de estiércol de ganado y residuos de procesamiento de productos agrícolas.

2.1 Emisiones de metano en los sectores agropecuarios y agroindustriales

2.1.1 Emisiones relacionadas con estiércol

Deben utilizarse las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero para estimar emisiones de metano de cada grupo de productos en el sector pecuario. Utilizando el siguiente método se pueden estimar las emisiones para cada grupo de productos ganaderos (M) y la combinación de sistema existente de manejo de estiércol (S) y clima (k), como sigue:

$$CH_{4\,(M)} = \left(VS_{(M)} \times H_{(M)} \times 365\,\text{días/año}\right) \times \left[B_{o(M)} \times 0.67\ \text{kg}\ CH_4/m^3\ CH_4 \times MCF_{S,k}\right] \quad (1)$$

donde:

$CH_{4\,(M)}$ = emisiones estimadas de metano del estiércol para la categoría M de ganado, kg CH_4 por año

$VS_{(M)}$ = tasa de excreción promedio de sólidos volátiles por día para categoría M de ganado, kg sólidos volátiles por animal-día

$H_{(M)}$ = número promedio de animales en categoría M de ganado

$B_{o(M)}$ = capacidad máxima de producción de metano para estiércol producido por ganado categoría M, m^3 CH_4 por kg sólidos volátiles excretados

$MCF_{(S,k)}$ = factor de conversión de metano para sistema de manejo de estiércol S para clima k, decimal

Como se muestra, la Ecuación 1, se requiere un estimado de la tasa de excreción promedio de sólidos volátiles por día para la categoría de ganado bajo consideración. Los valores predeterminados para vacas lecheras, porcinos de cría, y porcinos de carne están listados en la Tabla 3. Los valores predeterminados para otros tipos de ganados pueden encontrarse en la Tablas 10A-4 a 10A-9 en las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

Tabla 3. Valores predeterminados de tasas de excreción de sólidos volátiles para vacas lecheras, porcinos de cría, y porcinos de carne, kg/cabeza-día

Región	Vacas Lecheras	Porcinos de Cría	Porcinos de Carne
Norte América	5.4	0.5	0.27
Europa Occidental	5.1	0.46	0.3
Europa Oriental	4.5	0.5	0.3
Oceanía	3.5	0.5	0.28
América Latina	2.9	0.3	0.3
Oriente Medio	1.9	0.3	0.3
Asia	2.8	0.3	0.3
Subcontinente Indio	2.6	0.3	0.3

Fuente: IPCC, 2006

Para estimaciones más reales de emisiones de metano usando la ecuación 1, se requiere la identificación del Factor de emisión de metano (MCF) apropiado, el cual es una función del actual sistema de manejo de estiércol y el clima. Los MCF's para diferentes tipos de sistemas de manejo de estiércol con temperaturas ambiente promedio anuales que varían de ≤ 10°C a ≥ 28°C se resumen a continuación en la tabla 4 y pueden encontrarse en la Tabla 10.17 de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

Tabla 4. Factores predeterminados de emisión de metano para diferentes sistemas de manejo de estiércol

Clima	Factor Predeterminado de Emisión de Metano de Sistema de Manejo de Estiércol, %								
	Lagunas	Tanques y lagos Almacena miento	Almacena miento sólido	Lotes secos	Pozo< 1 mes	Pozo >1 mes	Dispersión diaria	Digestión anaeróbica	Pastoreo
Frío	66-73	17-25	2	1	3	17-25	0.1	0-100	1
Templado	74-79	27-65	4	1.5	3	27-65	0.5	0-100	1.5
Cálido	79-80	71-80	6	5	30	71-80	1	0-100	2

Fuente: IPCC 2006

Finalmente, el uso de la Ecuación 1 requiere la especificación del potencial de producción de metano (B_o) para el tipo de estiércol bajo consideración. Los valores predeterminados se encuentran en las Tablas 10A-4 a 10A-9 de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Los valores predeterminados para vacas lecheras, porcinos de cría, y porcinos de carne se listan en la siguiente tabla (Tabla 5).

Tabla 5. Valores predeterminados de potencial de producción de metano para vacas lecheras, cerdos de cría y cerdos de carne, m^3 CH_4/kg Vs. IPCC 2006

Región	Vacas Lecheras	Porcinos de Cría	Porcinos de Carne
Norte América	0.24	0.48	0.48
Europa Occidental	0.24	0.45	0.45
Europa Oriental	0.24	0.45	0.45
Oceanía	0.24	0.45	0.45
América Latina	0.13	0.29	0.29
Oriente Medio	0.13	0.29	0.29
Asia	0.13	0.29	0.29

Subcontinente Indio	0.13	0.29	0.29

Fuente: IPCC 2006

El metano es el más importante de los gases de efecto invernadero generado por las actividades agrícolas. En el caso de Honduras en 1995 se generaron 130.51gg de los cuales el 97% se debió a la fermentación entérica y el manejo de estiércol de los animales domésticos.

Los valores para los diferentes factores sugeridos para la aplicación de la ecuación 1 al contexto de Honduras, se han tomado de los cuadros 10-17, 10A-7, y 10A-8, del Capítulo 10, Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol, de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, de acuerdo a las prácticas comunes de gestión de los residuos en los sectores con potencial de emisiones de metano descritos en este estudio, y que se especifican en la Tabla 6, donde se incluyen las principales practicas de gestión de residuos encontradas en los subsectores.

Según las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, los principales factores que inciden en las emisiones de CH_4 son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido (p. ej., en lagunas, estanques, tanques o pozos), se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH_4. La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido (p. ej., en parvas o pilas) o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH_4.

Tabla 6. Factores característicos de la generación de metano para diferentes tipos de gestión de excretas en Honduras

Subsector	MFC	VS/día (KgVS)	B_0 (m^3/KgVS)	Kg /cabeza-año
Postura Avícola Seco	0.02	0.02	0.39	0.03
Engorde Avícola	0.02	0.01	0.36	0.01
Postura Avícola Húmedo	0.71	0.02	0.39	1.45
Cerdo Carne				
Laguna/costra superficial	0.44	0.30	0.29	10.02
Corral con Descarga Directa a Cuenca Hidrográfico	0.02	0.30	0.29	0.46
Otras prácticas de gestión de RS	0.01	0.30	0.29	0.23
Promedio ponderado cerdo de carne				1.74[a]

Fuente: Basado en IPCC, 2006

(a) Promedio Ponderado para cerdo de carne, estimado en base a la estadística de cantidades de cabezas en cada tipo de sistema de gestión de excretas, basado en ESA consultores, 2002

- **Fermentación entérica y manejo de estiércol**: En Honduras en 1995, las emisiones de metano producidas por la fermentación entérica durante el proceso digestivo de los animales, fueron estimadas en 121.44Gg que corresponden al 93.06% del total de metano emitido del sector agrícola y el 31.5% de las emisiones totales. El ganado vacuno lechero contribuyo con 61.4 % de las emisiones del sector agrícola y el ganado no lechero con un 32.4%. Los otros animales domésticos como ovejas, camélidos, caballos, mulas, asnos, cerdos y aves de corral en conjunto emitieron apenas el 6.2% de metano debido a la fermentación entérica de todos los animales.
  Las emisiones provenientes del manejo de estiércol fueron 5.19Gg de metano, correspondiendo el 50% al ganado lechero.

2.1.2 Emisiones relacionadas a descargas agroindustriales (líquidas y sólidas)

El procesamiento de productos agrícolas puede generar dos fuentes de emisiones de metano, aguas residuales y residuos orgánicos sólidos. Estos últimos pueden incluir materia prima no procesada o descartada después del procesamiento debido al deterioro, baja calidad, etc. Un ejemplo es la combinación de aguas residuales y sólidos removidos por cribado antes del tratamiento de aguas residuales o volteo directo. Estos residuos orgánicos sólidos pueden tener un contenido de humedad relativamente alto y se refieren comúnmente como residuos húmedos. Los métodos para estimar emisiones de metano para las aguas residuales se presentan a continuación.

- **Aguas residuales**

Para estimar las reducciones brutas en emisiones de metano para aguas residuales de procesamiento de productos agrícolas, tales como aguas residuales de procesamiento de carne y aves, se deben utilizar las directrices del IPCC de 2006 para los INGEI. El método Nivel 2 (Sección 6.2.3.1) que utiliza datos de demanda química de oxígeno (DQO) y de flujo de aguas residuales es una alternativa aceptable. Las emisiones brutas de metano se estiman para cada categoría de residuo (W) y la combinación del anterior sistema de tratamiento y vía de descarga (S) como sigue:

$$CH_4 = \left[\left(TOW_{(W)} - S_{(W)}\right) \times EF_{(W,S)}\right] - R_{(W)} \qquad \textbf{(2)}$$

donde:
$CH_{4\,(W)}$ = emisiones anuales de metano de residuo de procesamiento de productos agrícolas W, kg CH_4 por año
$TOW_{(W)}$ = masa anual de residuo W DQO generado, kg por año
$S_{(W)}$ = masa anual de residuo W DQO removido como sólidos sedimentados (lodos), kg por año
$EF_{(W,\,S)}$ = factor de emisión para residuo W y sistema de tratamiento existente y vía de descarga S, kg CH_4 por kg DQO
$R_{(W)}$ = masa de CH_4 recuperada, kg por año

Como se indicó anteriormente, la tasa de emisión de metano en la ecuación 2 es una función del tipo de residuo, el sistema de tratamiento existente y vía de descarga. Se calcula como sigue:

$$EF_{(W,S)} = B_{o(W)} \times MCFW_{(S)} \qquad \textbf{(3)}$$

donde:
$B_{o\,(W)}$ = máxima capacidad de producción de CH_4, kg CH_4 por kg DQO
$MCF_{(S)}$= factor de conversión de metano para el sistema existente de tratamiento y vía de descarga, decimal

Si no están disponibles los valores específicos del país y sector de residuos para B_o, se debe utilizar el valor predeterminado de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, de 0.25 kg CH_4 por kg DQO, el cual está basado en la estequiometria. En ausencia de información más específica, también debe utilizarse el valor predeterminado apropiado de MCF, seleccionado de la Tabla 7.

Tabla 7. Valores predeterminados MCF para aguas residuales industriales

Sistema existente de tratamiento y vía de descarga	Comentarios	MCF[1]	Rango
Sin Tratar			
Descarga en mar, río o lago	Ríos con altas cargas orgánicas pueden volverse anaeróbicos, lo cual no se considera aquí	0.1	0-0.2
Tratada			
Planta de tratamiento aeróbico	Bien manejada	0	0-0.1
Planta de tratamiento aeróbico	No bien manejada o sobrecargada	0.3	0.2-0.4
Reactor anaeróbico (e.g. UASB, membrana fija)	Sin captura de metano y combustión	0.8	0.8-1.0
Laguna anaeróbica de poca profundidad	Menos de 2 metros de profundidad	0.2	0-0.3
Laguna anaeróbica profunda	Más de 2 metros de profundidad	0.8	0.8-1.0

Fuente: Basado en dictámenes de expertos del IPCC

Si la masa anual de DQO generada por año (TOW) no se conoce y la recolección de los datos necesarios no es posible, la opción que queda es el cálculo usando la siguiente ecuación (Ecuación 4) con datos de tasa de generación de aguas residuales y concentración de DQO específicos al país obtenidos de la literatura. En ausencia de datos específicos al país, se pueden utilizar los valores listados en la Tabla 8 como valores predeterminados para obtener estimados de primer orden de emisiones de metano.

$$TOW_{(W)} = P_{(W)} \times W_{(W)} \times COD_{(W)} \quad \textbf{(4)}$$

donde:

$\mathbf{P_{(W)}}$ = tasa de producción de producto, toneladas métricas por año
$\mathbf{W_{(W)}}$ = tasa de generación de aguas residuales, m^3 por ton métrica de producto
$\mathbf{COD_{(W)}}$ = concentración DQO de aguas residuales, kg por m^3

Tabla 8. Ejemplos de datos de aguas residuales industriales

Industria	Tasa Típica de Generación de Aguas Residuales, m^3/ton métrica	Rango de Tasas de Generación de Aguas Residuales, m^3/ton métrica	Típica Concentración DQO, kg/m^3	Rango de Concentraciones de DQO, kg/m^3
Alcohol	24	16-32	11	5-22
Cerveza	6.3	5.0-9.0	2.9	2-7
Café	NA	NA	9	3-15
Productos lácteos	7	3-10	2.7	1.5-5.2
Procesamiento de pescado	NA	8-18	2.5	-
Procesamiento de carne & aves	13	8-18	4.1	2-7
Producción de almidón	9	4-18	10	1.5-42
Refinación de azúcar	NA	4-18	3.2	1-6
Aceites vegetales	3.1	1.0-5.0	NA	0.5-1.2
Vegetales, frutas, y jugos	20	7-35	5.0	2-10
Vino & vinagre	23	11-46	1.5	0.7-3.0

Fuente: Doorn et al. (1997)

- **Rellenos sanitarios y tratamiento de aguas:** El metano constituye el principal gas generado por la disposición y el tratamiento de desechos municipales e industriales. De igual forma, las aguas residuales con elevado contenido de material orgánico pueden emitir cantidades significativas de metano.
  En este sector, se evaluaron las emisiones producidas por los rellenos sanitarios, las aguas residuales, el tratamiento de efluentes industriales y el excremento humano.

  La emisión total de metano generado en Honduras en 1995 por el sector manejo de desperdicios fue de 127.98Gg. De esta cantidad el 14.94Gg corresponden a vertederos de residuos sólidos (rellenos sanitarios), 113Gg provienen de efluentes industriales que equivalen a un 88% de todo el sector y 0.036Gg para las aguas residuales.

2.2. Descripción de los criterios de selección para determinar sectores potenciales

Los criterios específicos utilizados para determinar el potencial de reducción de metano y la factibilidad de sistemas de DA son los siguientes:

- Tamaño del sector/subsector
- Alto volumen de residuos son tratados o descargados en lagunas anaeróbicas
- Los residuos tienen un alto contenido orgánico medido como DBO_5 o DQO
- La distribución geográfica facilitaría el desarrollo de proyectos centralizados
- Son sectores con alto consumo energético

En el caso de Honduras, ya el INGEI de 1995 establece los porcentajes de emisiones de metano que los sectores aportan al medio ambiente, siendo los residuos unos de los más importantes (30%). Para el presente

diagnostico por la falta de información sobre la cantidad de residuos generados para poder calcular las emisiones de metano de los sectores priorizados por ELE, el criterio para proyectar las emisiones actuales y potenciales se basó en la experiencia de los consultores, el criterio técnico del CNP+LH y entrevistas con directivos y técnicos de los rubros, además, considerando que uno de los principales factores para determinar el potencial de reducción de metano y la factibilidad de sistemas de DA es el alto volumen de residuos (con alto contenido orgánico) que van a lagunas anaeróbicas, se estableció que la selección de los principales rubros a analizar seria enfocada a los sectores que tuvieran como característica principal la generación y manejo de este tipo de residuos y que implicara la mayor parte de los productores nacionales.

En base a esto, se realizó una reunión taller, en la que participaron los consultores expertos del CNP+LH, que realizaron los análisis FODA's sectoriales, en el cual luego de revisar los criterios mencionados se determinó enfocar los esfuerzos del diagnóstico a una descripción más detallada de la generación y gestión de residuos en los sectores considerados a priori como los de mayor potencial: porcino, avícola, lácteos y frutas y vegetales.

Entre los criterios expuestos para la selección de estos sectores se tomó en consideración, el porcentaje de explotaciones en los sectores que utilizan lagunas de retención como el sistema de depuración primordial para sus aguas residuales (50% en el sector porcino, y 70% en el sector avícola). La potencialidad de algunos otros de los sectores se caracterizó, simplemente en base a la experiencia sobre el volumen de generación y la práctica de gestión de los residuos, como el caso del sector avícola de engorde y postura donde es evidente el problema ambiental de acumulación de gallinaza y pollinaza a pesar de la práctica de comercialización de una parte de estos residuos. Se ha destacado la importancia del subsector de sacrificio de aves, por las relativamente altas cargas orgánicas (3000 mg/l DBO, 6000 mg/l DQO) de las aguas residuales de estos procesos.

Otros subsectores, como el de elaboración artesanal de lácteos se ha propuesto en base al conocimiento de su importancia en el sector lácteo (60 % del total de la producción nacional de leche) y en base a la naturaleza orgánica del principal subproducto de esta actividad, el suero, que en algunos casos se habrá de disponer sin depurar en las cuencas hidrográficas, sobre todo cuando no es posible comercializarlo por completo, no obstante se ha señalado la característica atomización del subsector artesanal de fabricación de quesos como una factor limitante para la sostenibilidad del proyecto de recuperación de metano en este subsector.

Por otra parte se propuso como potencial sector generador de metano, a los mataderos, en vista de la considerable carga orgánica (5,500 mg/l DQO, 2,500 mg/l DBO, para un rastro de 400 reses al día) esperada en aquellos mataderos donde no se practica la separación de la sangre, como es el caso de la mayoría de los mataderos municipales en Honduras.

No obstante, se ha planteado que la generación actual de metano estaría limitada a los rastros en las principales ciudades, donde algunos de ellos disponen sus aguas residuales en lagunas de retención, en contraste con el panorama general del país, en que los rastros locales tienen como práctica común, descargar sus aguas residuales sin depurar en las cuencas hidrográficas.

La potencialidad de otros subsectores como la producción de vegetales orientales, se propuso en base a que la práctica común de gestión de los rechazos de estos cultivos, es la disposición final como alimento para animales o en rellenos sanitarios, en vista de la poca o nula demanda de estos vegetales en el mercado nacional.

Se señalo la característica del sector azúcar, de no estar dedicada a la producción de alcoholes, y de disponer sus aguas residuales con moderada carga orgánica en los campos de cultivo, con lo que se espera poco potencial de generación de metano en este sector. Caso similar es el del sector de camarón & langosta, donde los residuos sólidos son aprovechados para la fabricación de tierras diatomáceas y las aguas residuales se

caracterizan por su moderada carga orgánica (1,000 mg/l DBO), las cuales son depuradas en sistemas de lagunas de estabilización.

2.3 Ejemplos de proyectos para reducción de emisiones en el país

Proyecto EECOPALSA; Recuperación de Biogás del efluente de la Planta Procesadora de Aceite de Palma, PALCASA, Honduras.

- **Resumen del proyecto**

El proyecto EECOPALSA, consiste en la recuperación de biogás que emana de las lagunas de estabilización del efluente de la planta procesadora de aceite de palma de la empresa Palmas Centroamericanas S.A. (PALCASA), ubicada en el departamento de Yoro, Honduras. Actualmente no existe en Honduras, legislación que regule la captura de metano en la industria del aceite de palma, y como resultado las lagunas de estabilización de los efluentes de estas industrias, emiten metano a la atmósfera, libremente. Este proyecto en particular, esta combinado en un proyecto de pequeña escala del MDL y monta a una reducción de 156,176 t CO2-equivalentes, durante los primeros siete años de vigencia de su registro en el MDL.

La planta PALCASA ha registrado un procesamiento anual de alrededor de 80,000 toneladas de fruta de palma aceitera, y está planificada para procesar 120,000 toneladas de fruta al año para el 2015. La materia prima, se compra a agricultores locales que a su vez son miembros de la empresa asociativa PALCASA. La planta ha registrado una producción anual promedio de 16,000 toneladas de aceite virgen, que ha resultado en la descarga de alrededor de 68,000 m^3 de aguas residuales al año, las cuales son depuradas en un sistema de lagunas de estabilización.

El proyecto es operado por la empresa BIO-TEC, cuya matriz se encuentra en Bélgica, y que cuenta con una sucursal en Colombia y una unidad de negocios en Honduras.

- **Descripción técnica del proyecto**

El proyecto consiste en un cambio de un sistema de lagunas anaeróbicas abiertas, a un sistema de digestión anaeróbica cerrado, que produce biogás. El proyecto se basa en el sistema anaeróbico patentados por BIO-TEC, que consiste en lagunas cubiertas por membranas flotantes de plástico para la captura del biogás. Este tipo de sistemas consiste usualmente de una serie de etapas unitarias, comenzando con dos centrifugas para la recuperación de aceite. El efluente centrifugado se hace circular en flujo ascendente, a través de un tanque cilíndrico, que permite la recuperación adicional de aceite, por diferencia de densidades. A continuación el efluente pasa a unos tanques florentinos de concreto para la recuperación de aceite, culminando el pre-tratamiento en un tanque ecualizador para el enfriamiento del efluente y la recuperación ulterior del aceite. La depuración del efluente se completa en una serie de lagunas anaeróbicas y terminando con lagunas de estabilización facultativas y de maduración. El efluente final se depura por medio de sistemas de infiltración-percolación (figura 4).

Figura 4. Lagunas cubiertas para la captura del biogás (metano)

Los cálculos de las reducciones de emisiones, se han basado en una tasa de descarga de efluentes de 1.6 m^3 por tonelada de fruta procesada, y un valor promedio para la DQO de 38,675 mg/l. La captura de metano se lleva a cabo, exclusivamente en las lagunas anaeróbicas, que han sido cubiertas con membranas de polietileno (LLDPE), con su respectivos sistemas para la evacuación de agua lluvia y para el anclaje perimetral para garantizar la hermeticidad.

El sistema, está diseñado para depurar una carga máxima de 588 m^3/d, del efluente de la planta extractora de aceite de palma, equivalente a un flujo de 29.4 m^3/hora por 20 horas/día. Este flujo corresponde a la máxima capacidad de procesamiento de 690 toneladas de fruta fresca por día. El sistema cuenta con dispositivos para la purga de los excesos de lodo biológico, para evitar el abatimiento de la capacidad de depuración del sistema.
El sistema de captura de metano, tiene una eficiencia de remoción del 90%, que corresponde al valor especificado en el IPCC, Metodología III.H., del Apéndice B de los métodos simplificados para proyectos MDL de pequeña escala.

Los valores de referencia para este proyecto se resumen en la tabla No.9

Tabla 9. Valores de referencia proyecto captura de metano empresa PALCASA

Parámetro			Unidades	Fuente
Captura y eficiencia de llama	CFE	0.9		ASM III.H Versión 02
Volumen de aguas residuales por tonelada de fruta fresca		1.6	m^3 /TM	PALCASE (ver anexo 3 del PDD)
DQO aguas residuales	$COD_{y,ww,untrteated}$	38,675	mg/L	Prueba de laboratorio (ver anexo 3 del PDD)
Capacidad de generación de metano	Bo	0.25		Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG inventories; p 6.20
Factor de conversión de metano	MCF	0.9		Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG inventories; Table 6-8, p. 6.26

Fuente: Clean development mechanism, EECOPALSA Project No. 0492, Septiembre 2006

3. CARACTERISTICAS DE LOS SECTORES Y SUBSECTORES

El sector agropecuario es el sector de mayor importancia económica y social del país, generando más del 20 por ciento del PIB, siendo el mayor generador de divisas para el país (en el 2004 las exportaciones agropecuarias representaron el 74 por ciento del valor total exportado), y genera alrededor de 912,000 empleos permanentes que representan el 38,3 por ciento de la población económicamente activa (PEA).

En el presente diagnostico, los diferentes sectores y subsectores de los rubros productivos analizados se mencionan por su ubicación de acuerdo a la distribución geográfica del país, la cual se muestra por Departamentos en la Figura 5.

Figura 5. Mapa de Honduras por Departamentos.
Fuente: World map finder

3.1 Subsectores que actualmente tienen emisiones de metano significativas

Los principales sectores o subsectores en Honduras con potencial de reducción de emisiones de metano de los 8 priorizados por el proyecto ELE, y de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente para su

selección son: porcino, sacrificio de aves y avicultura. En la Tabla 10 se indica el tamaño y ubicación geográfica de dichos subsectores.

Tabla 10. Principales sectores con potencial de reducción de emisiones de metano

Subsector	Tamaño (producción/año)	Ubicación geográfica
Porcino de carne	500,000 cabezas (14,000TM)	Cortes, Fco. Morazán, Comayagua, Choluteca, Valle, Olancho.
Avícola sacrificio	260,000 aves (285 Millones Libras)	Cortes, Fco. Morazán.
Avícola postura en húmedo	2.8 Millones de aves (1.8 millones huevos)	Cortes, Sta. Bárbara, Fco. Morazán. Olancho

Un tema importante en el área de captura de metano, es la temperatura promedio de los diferentes lugares, en Honduras, la temperatura media anual en oscila entre los 12°C a 29°C. En la siguiente figura 6 se muestra el mapa de temperatura promedio en el país.

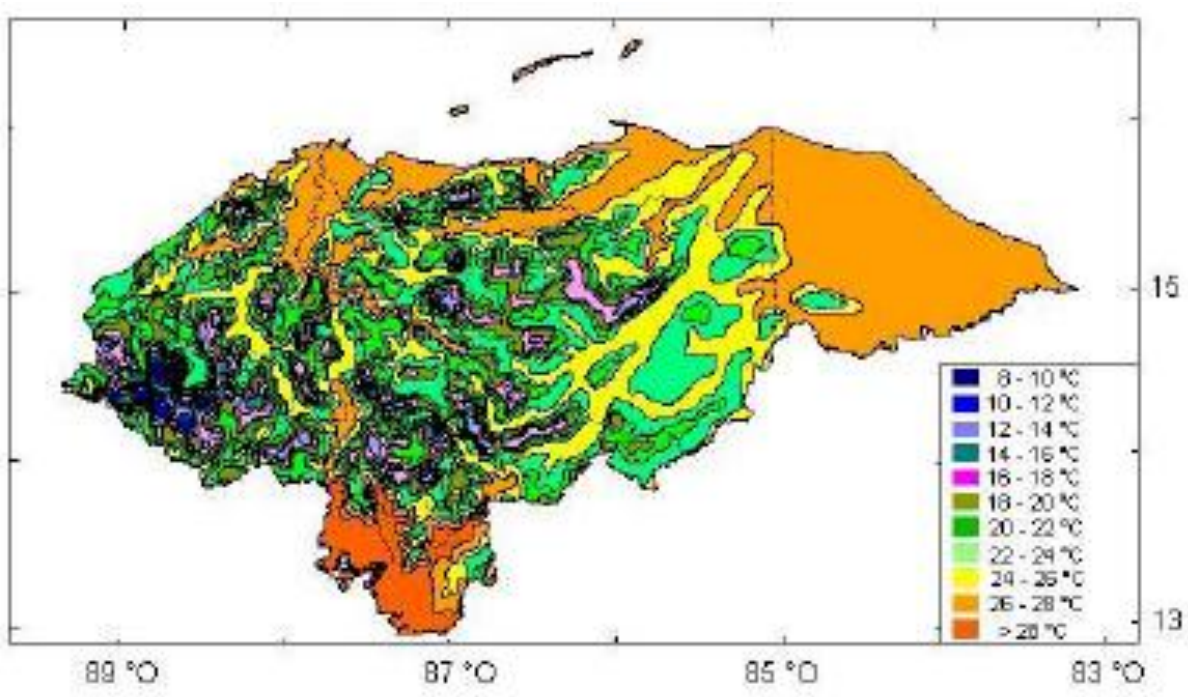

Figura 6. Distribución espacial de la temperatura en Honduras. Promedios anuales (1961-1988)
Fuente: Primera Comunicación de Honduras a la CMNUCC. 1995.

Los subsectores priorizados de acuerdo a los análisis efectuados por los consultores expertos y del CNP+LH según el ejercicio preliminar de estimación de emisiones de metano efectuado con la metodología IPCC y las estadísticas de los diferentes subsectores recopiladas en diferentes fuentes son los que se describen a continuación en la tabla 11.

Tabla 11. Subsectores con emisiones significativas de metano

Subsector	Distribución geográfica y Rango de Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Porcino de carne	Cortes, Fco. Morazán, Comayagua, Choluteca, Valle, Olancho (22>28)	500,000 cabezas	14.0	Miles de toneladas/año	100,000 granjas	Excretas	730	Miles de TM/año
Sacrificio avícola	Cortes (26->28) Fco. Morazán (16-26)	260 Miles de aves al día	285	Millones de libras/año	5 Plantas empacadoras	Aguas residuales saturadas con aceite.	5	Miles de m^3/d
Avícola postura comercial húmedo	Cortes, Sta. Bárbara, Olancho y Fco. Morazán (20-28)	2,800,000 aves	1.8	Millones de huevos/día	120 granjas	Gallinaza	N.D.	N.D.

Fuente: CADECA, ANAVIH y Banco Central de Honduras

3.1.1 Subsector porcino de carnes

- **Información general del subsector**

La aportación de este rubro al PIB de acuerdo con cifras del Banco Central de Honduras, en el 2005 fue de US$ 1.297.96 millones, representando esta cifra 17,71% de los US$ 7.329 millones del total, generando 15,000 empleos.

En Honduras la producción porcina se realiza por dos métodos: el tradicional y el tecnificado. La mayor parte de la producción se realiza por el sistema tradicional donde la inversión es baja, las instalaciones son pocas, un pie de cría que no siempre es encastado, solo utilizan alimentos nacionales y casi no se tiene control sanitario.

El sistema tecnificado tiene muy poca presencia ya que requiere de una mayor inversión para poder tener las instalaciones y el equipo adecuado así como un alimento balanceado a base de concentrados no obstante las empresas que lo implementan obtienen altos índices de producción.

De acuerdo al propósito de la producción las granjas porcinas pueden ser: de cría (cerdos entre 50 y 55 libras), engorde (cerdos entre 210 a 230 libras) o bien del ciclo completo (tabla 12). Cabe mencionar que en la comercialización del sistema tradicional, la venta del animal se realiza en pie y a través de intermediarios; por lo tanto, cuando los cerdos obtienen el peso apropiado son llevados a plazas o directamente a los rastros (la mayoría municipales) donde son sacrificados. Ahora bien, en el sistema tecnificado la comercialización se realiza con contratos establecidos directamente con las plantas industriales, o, en algunos casos, la granja forma parte de una empresa que maneja toda la cadena productiva (producción primaria, transformación y comercialización).

En Honduras la mayor parte de las granjas porcicultoras se ubican en la zona norte del país, sin embargo en la zona centro y sur existe una minoría que también aporta a la producción nacional. En cuanto al crecimiento del rubro se puede mencionar que este ha sido bajo presentándose algunos niveles de estancamiento debido al

alto costo del alimento así como a la competencia que genera la importación de esta carne de los Estados unidos.

En los últimos cinco años, la producción de carne de cerdo y el hato porcino nacional, han alcanzado bajas tasas de crecimiento, presentando incluso niveles de estancamiento.

Los productores que lograron superar la crisis, se vieron obligados a subsidiar con fondos propios las enormes pérdidas derivadas del estancamiento del esquema productivo y financiero y dichas pérdidas nunca fueron recuperados, es por ello que los que aún subsisten han adquirido compromisos financieros adicionales para invertir en tecnología, infraestructura, genética y capacitación, a fin de mejorar la eficiencia en el manejo de las granjas y elevar los índices de productividad a niveles competitivos. Este proceso de modernización aún no concluye y requiere de tiempo para armonizar las inversiones

La mayoría de las granjas no cuentan con servicios de energía eléctrica ni carreteras con condiciones apropiadas. Ellas están distribuidas geográficamente de la forma siguiente: Zona Norte el 45%, Zona Central el 35%, Sur y Occidental el 10% en cada una. El 45% de Productores están asociados a la Asociación Nacional de Porcicultores de Honduras (ANAPOH).

La porcicultura hondureña en granjas tecnificadas, actualmente tiene unos 8,000 vientres. Esta población consume alrededor de 1.5 millones de quintales de concentrado producidos localmente, donde el maíz es el principal ingrediente representando un mínimo de 50% de materia prima. Con este consumo se beneficia a los productores de granos básicos del país.

Lo anterior, permite ver la gran oportunidad para poder aumentar la producción nacional de carne de cerdo, a través del crecimiento del hato reproductor y mejorando la eficiencia gerencial y productiva de las granjas porcinas.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos[3]**

Generación de residuos sólidos

- Residuos sólidos orgánicos: en la producción porcina la mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos la constituyen las excretas de los cerdos y en menor cuantía la mortalidad y placentas. A continuación se presentan algunos datos de referencia:
    - Por cada 70 kg de peso vivo en granja se producen entre 4-5 kg de excretas.
    - El promedio de producción de excretas puede ser un décimo del peso vivo por día (sólido y líquido), lo que representa 1.36 kg de heces y 4.73 litros de orina por día desde el destete hasta el sacrificio.
    - Una hembra y sus cerdos puede producir 13 toneladas de excretas por año, con un contenido de 10% de materia seca.
- Residuos sólidos domésticos: la mayor parte de los residuos sólidos que se generan en los proyectos porcinos son de tipo orgánico; no obstante, se generan cantidades considerables de residuos domésticos como: cartón, vidrio, plástico, papel, entre otros.

Generación de residuos líquidos

Las aguas residuales que se generan en las granjas porcinas, se clasifican en dos tipos:

- Aguas domésticas: las cuales se generan por el aseo personal y uso de sanitarios.

[3] Basado en la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Rubro Porcino de Honduras. SERNA, CNP+LH, 2009.

- Aguas del proceso productivo: principalmente corresponden a la mezcla de la orina y excretas de los cerdos con agua del lavado de los corrales (además pueden contener residuos de alimentos).

Tabla 12. Resumen sector porcino

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Cantidad de unidades productivas	Tipo de residuos generados	Producción	Unidades
Cría y engorde	Olancho, Fco. Morazán, Cortes, Yoro, Comayagua, Sta. Bárbara (18->28)	408,000 cabezas	**83,000 granjas**	Estiércol		
			91.39%< 10 cabezas		166	Miles TM /año
			8.51% de 10 a 100 cabezas		382	Miles TM /año
			0.11%> de 100 cabezas		48.4	Miles TM /año
Engorde		60,000 cabezas	**11,000 granjas**	Estiércol		
			89.68%<10 cabezas		21.6	Miles TM /año
			10.23% de 10 a 100 cabezas		60.8	Miles TM /año
			0.08%> de 100 cabezas		5	Miles TM /año
Cría		32,400 cabezas	**6,000 granjas**	Estiércol		
			89.73%< 10 cabezas		11.8	Miles TM /año
			10.2 % de 10 a 100 cabezas		33	Miles TM /año
			0.08%> de 100 cabezas		2.5	Miles TM /año

Fuente: FODA Sectorial, 2009 y ESA consultores, 2002

En una granja tecnificada típica de ciclo completo se consumen alrededor de 0.28 m^3/cabeza-día, sobre todo en labores de limpieza de galpones (Figura 7). Las aguas residuales generadas suelen disponerse en lagunas de retención, como la que se muestra en la figura 8, la cual incluye una etapa primaria de tamizado de sólidos (tamiz rotatorio). La calidad de las aguas residuales descargadas de este tipo de lagunas (DQO: 1200 mg/l, y DBO: 800 mg/l, en la granja porcina visitada) es quizás uno de los impactos ambientales más significativos, de este sector, sobre todo en aquellas granjas cuyos sistemas de depuración no cuentan con etapas ulteriores de tratamiento y que descargan los efluentes de sus lagunas, directamente a los cursos de agua. Los niveles de estos parámetros, que exceden a las normas nacionales de calidad de agua residual, denotan la ineficiencia de los sistemas de lagunas de retención, los cuales podrían ser mejorados, con procesos más eficientes en las etapas primarias.

Los diferentes tipos de sistemas de gestión de residuos en el sector porcino y su importancia relativa según el tamaño de los hatos, cantidad y tipo de granjas se describen en las tablas No.13, 14 y 15.

Figura 7. Proceso típico de limpieza en húmedo de corrales en granjas semi-tecnificadas

Figura 8. Disposición de residuos líquidos en lagunas de retención

Tabla 13. Granjas de engorde porcino

Departamento	Empresa	Producción	Unidades	Sistema de gestión
Cortes	JIREH	161	Cerdos/semana	Limpieza de los corrales, en húmedo; Sistema de Depuración de aguas residuales: Tamiz separador de sólidos para obtener cerdaza, 2 lagunas de retención y sistema de infiltración en el subsuelo.
Fco. Morazán	CER-AGRO	125	Cerdos/semana	Limpieza de los corrales, en húmedo. Sistema de Depuración de aguas residuales: 3 lagunas de retención.
El Paraíso	Los Gemelos	40	Cerdos/semana	Limpieza de los corrales, en húmedo. Aguas residuales dispuestas en sembradío de su propiedad
Fco. Morazán	San José	40	Cerdos/semana	Limpieza de los corrales, en húmedo. Aguas residuales dispuestas sin depurar directamente en la cuenca hidrográfica.
Valle	INSAL	85	Cerdos/semana	Limpieza de los corrales, en húmedo. Sistema de Depuración de aguas residuales: Tamiz separador de sólidos (centrifugadora) para obtener cerdaza, 3 lagunas (1 de "oxidación" y 2 de alivio
Cortes	LUISFER	12	Cerdos / semana	Limpieza de los corrales, en húmedo 1 laguna para deposito y agua a sembradío de su propiedad

Fuente: CNP+LH visitas de campo guía de P+L sector porcino de Honduras

Tabla 14. Gestión de residuos en granjas tecnificadas

Sistema de gestión de desechos	% total de las granjas tecnificadas	% del total de cabezas en las granjas tecnificadas
Descarga directa a cuenca hidrográfica	8	7.2
Laguna	68	71.1
Otros	24	21.7
Total	89,000 granjas	364,000 cabezas

Fuente: Adaptado de ESA consultores, 2002

Tabla 15. Gestión de residuos en el total de granjas del sector porcino

Sistema de gestión de desechos	% del total de las granjas	% del total de cabezas en las granjas
Descarga directa a cuenca hidrográfica	91.8	32.6
Laguna	6.1	51.7
Otros	2.1	15.8
Total	100,000 granjas	500,000 cabezas

Fuente: Adaptado de ESA consultores, 2002.

Los datos de las tablas 14 y 15, están basados en el estudio Producción y Comercialización de Carne de Cerdo en Honduras[4] en el cual, y en vista de no existir en el país datos actualizados y confiables del número de fincas por tamaño (número de vientres y/o cabezas) y distribución geográfica en el territorio nacional, que sirviera de marco para extraer una muestra estadísticamente representativa por zona y tipo de productor; se tomó como punto de referencia la distribución de fincas que existían en el país según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) de 1993.

Esta primera aproximación a la información sobre productores fue completada con información proporcionada por dirigentes nacionales y de filiales de la ANAPOH, logrando construir un marco referencial para las principales zonas productoras del país.

3.1.2 Subsector sacrificio de aves

- **Información general del subsector**

El subsector sacrificio de aves, está conformado principalmente por dos grandes empresas procesadoras que comprenden el 70% del total de aves en el país, además de algunas empresas de menor tamaño. Entre las dos empresas citadas procesan alrededor de 260,000 aves al día (Tabla 16).

Tabla 16. Plantas de sacrificio de aves de corral

Departamento	Empresa	Producción	Unidades	Sistema de gestión Aguas Residuales
Cortes y Fco. Morazán	CADECA	130,000	Aves/día	Lagunas de estabilización somera
Cortes	PRONORSA	130,000	Aves/día	Biooxidación/lodos activados

[4] ESA Consultores.2002. Producción y Comercialización de Carne de Cerdo en Honduras, JICA-SAG. Honduras.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

En el procesamiento de carne de aves, se generan residuos como plumas, patas, cabezas y sangre, que son aprovechados para la producción de harinas. Los principales residuos del procesamiento de carne de aves lo constituyen las aguas residuales que se caracterizan por sus relativamente alta cargas orgánicas (DQO: 6,000 mg/l, DBO: 3,000 mg/l), y los lodos purgados de los sistemas de depuración de las aguas residuales. Las plantas de procesamiento visitadas registran un consumo promedio de agua, de 5 Gal/ave. Las aguas residuales son depuradas bien en sistemas de lagunas de estabilización, o en sistemas de bio-oxidación por lodos activados (Tabla No. 16). Por otra parte, los lodos purgados de los sistemas de depuración de aguas residuales, se integran en el terreno en campos de cultivos o son dispuestos finalmente en los rellenos sanitarios municipales.

3.1.3 Subsector avícola postura comercial húmedo

- **Información del subsector**

La postura comercial de huevos comprende alrededor del 21% del total de la camada de aves en el país (Tabla 17). La postura comercial en húmedo comprende alrededor 2.8 millones de aves, para una producción de alrededor de 1.8 millones de huevos al día.

Tabla 17. Resumen sector avícola

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Postura comercial (huevos)	70%, Cortes, Sta. Bárbara.(20->28) 30% Olancho, Fco. Morazán (18-26)	2.8 Millones de aves 1.2 Millones de aves	1.8 780	Millones de Huevos/día Miles de huevos/día	175 Granjas 82% <60,000 aves 11% de 60,000 a 100,000 aves 7% > 100,000 aves,	Gallinaza	N.D.	N.D.
Engorde de Pollo	Cortes Sta. Bárbara Fco. Morazán, Comayagua (18->28)	9.36 Millones de Aves	93.6	Millones de aves/año	4 Grupos empresariales 122 Granjas	Pollinaza	830	Miles de TM/año

Fuente: ANAVIH, 2009

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

Las excretas purgadas de la cama de piso o acumuladas en las fosas de los galpones elevados, constituyen el principal residuos sólidos generados en las granjas avícolas de postura (fig. No. 9). Generalmente la cama se

compone del colocho de madera o viruta, la cascarilla o casulla de arroz, el tipo de cama o ausencia de la misma, dependerá del material disponible en la zona y el grado de tecnificación de la granja.

Figura 9. Disposición de la gallinaza en la fosa de un galpón elevado.

Dentro de una granja o planta, el agua se clasifica en el agua utilizada para que beban las aves, el agua para la limpieza del galpón y el plantel en general. El uso de laguna de retención como método de disposición de los purines de gallinaza o pollinaza, es prácticamente inexistente.

La gallinaza y pollinaza, así cómo aves muertas, cáscaras de huevos, que se genera a partir de los diferentes procesos avícolas tiene los siguientes usos alternativos:

- La gallinaza y pollinaza se comercializan para la alimentación de otros animales, en regiones donde existe producción avícola, el uso de la gallinaza o pollinaza mediante su incorporación en la alimentación de otros animales así como su utilización como insumo agrícola (directo o abono) es la práctica general del sector en el país, esto por su disponibilidad a lo largo de todo el año y los bajos costos.
- Las aves muertas y otros residuos orgánicos del proceso son incinerados o enterrados en "fosas de mortalidad".

Los sistemas de gestión de residuos sólidos en el sector avícola son variados, como se describe en las tablas 18 y 19, y dependen en cada caso específico de la capacidad de inversión de los productores. Los principales factores que inciden en las emisiones de CH4 son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido (p. ej., en lagunas, estanques, tanques o pozos), se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH4. La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. No obstante, no ha sido posible recabar información sobre las tasas específicas o la cantidad total de gallinaza generada en este subsector. Un resumen de los sistemas de gestión de residuos en diferentes granjas representativas del sector se presenta en la tabla 19.

Tabla 18. Granjas de postura comercial

Departamento	Empresa	Producción	Unidades	Sistema de gestión
Intibucá	La Meseta	72,000	huevos / día	Fosa. La gallinaza es evacuada de la fosa donde ha permanecido entre 3-6 meses después de cada ciclo, y finalmente se la comercializa como abono
El Paraíso	Sta. Cruz	110,000	huevos/día	Piso y fosa. En sistema de fosa, estas se limpia con agua que se vierte hacia una laguna de retención. En sistema de piso con cama, se evacua la gallinaza y se la comercializa.
El Paraíso	Yeguare	5,700	huevos/día	Piso con cama de colocho de madera. Parte de la gallinaza evacuada se comercializa como abono y el resto se integra en el terrenos dedicados a la ganadería
Cortes	San Juan	126,000	huevos/día	Túnel. La gallinaza se recolecta en banda para disponerla en un sistema de compostaje
Cortes	Del Campo	36,000	Huevos/día	Piso con cama de colocho de madera. La gallinaza evacuada se comercializa como abono

Fuente: Basado Visitas para Guía de P+L del sector avícola. CNP+LH y ANAVIH, 2008

Tabla 19. Gestión de residuos en el total de granjas y plantas procesadoras del sector avícola

Sistema de gestión de los desechos	% del total de aves en el país
Cama de pollo de engorde gestionada en seco	70%
Postura comercial gestión en húmedo	21%
Postura comercial gestión en seco	9%
Aguas Residuales de Sacrificio avícola / Laguna de estabilización	35%
Aguas Residuales de Sacrificio avícola/ Reactor de bio-oxidación (Lodos Activados).	35%
Total	13,360,000 aves

Fuente: ANAVIH, CADECA, CNP+LH

3.2 SUBSECTORES con potencial de generación de metano

Estos subsectores son los que actualmente, por sus condiciones particulares, no generan metano en cantidades significativas. Sin embargo, la carga orgánica en sus descargas los hace factibles para la generación de metano y su aprovechamiento energético (tabla 20).

Tabla 20. Subsectores con emisiones potenciales de metano

Subsector	Distribución geográfica y Rango de Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Avícola postura comercial seco	Cortes Sta. Bárbara, Olancho y Fco. Morazán (20->28)	1,200.000	780	Miles de huevos/día	75 Granjas	Gallinaza	N.D.	N.D.
Producción artesanal de quesos	50% Olancho, Choluteca, Comayagua, El Paraíso, Copan y Sta. Bárbara. (20->28) 50% en Cortés, Yoro, Atlántida y Colon. (20->28)	288,000 cabezas	288	Miles de libras/año	600 unidades de producción artesanal	suero	1	Millones de litros/día
Vegetales orientales para exportación	Comayagua (24-28)	1800 Manzanas	75	Miles libras /año	2 Empresas asociativas 2 Productores independientes	Producto para exportación rechazado	7.5	Miles libras/año
Camarón y langosta	Litoral Atlántico del país	14,500 Ha	44	Millones de libras / año	350 Fincas Productoras 8 Plantas Procesadoras	Exoesqueletos, cabezas (Procesados para la elaboración e tierras diatomáceas) Aguas Residuales	8.8 440,000	Millones de libras / año m^3/ año
Mataderos	Municipios con Sistemas de Lagunas de Retención. Y Empresas privada de Sacrificio de ganado. San Pedro Sula, Cortes Tegucigalpa, Fco. Morazán (22->28) Rastros municipales en municipios pequeños, diseminados por todo el país.	2,000,000 Cabezas vacuno y porcino	60,000	TM/ año	Cantidad no determinada de rastros municipales en municipios pequeños 2 Procesadoras Privadas	Aguas Residuales, sin separación de sangre y restos de carne, y excretas, dispuestas en lagunas de infiltración Residuos Sólidos de Carne y hueso, dispuestos en relleno en el terreno. Aguas Residuales, sin separación de sangre y restos de carne, y excretas, dispuestas en cuencas hidrográficas Residuos Sólidos de Carne y hueso, dispuestos en relleno en el terreno. Aguas Residuales, con excretas de los galpones. Se practica segregación de sangre y restos de carne (Los residuos sólidos separados se procesan para producir Harina de hueso).	N.D.	N.D.

3.2.1 Subsector avícola postura en seco

- **Información del sector**

La postura comercial en seco comprende alrededor 1.2 millones de aves (9% del total de la camada de aves de corral del país), para una producción de alrededor de 780 mil huevos al día (tabla 20).

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

Cuando el estiércol se maneja como sólido (p. ej., en parvas o pilas) o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH_4. La generación de gallinaza en el subsector de postura comercial, no ha podido determinarse, pero puede ser tan importante como la generación de pollinaza del subsector de engorde de pollos, (tabla No. 17), siendo muy común la acumulación de grandes promontorios de estiércol de aves en las granjas de ambos subsectores, tal como se aprecia en la Figura 9, lo cual constituye uno de los principales desafíos en materia de gestión ambiental para este sector (Comunicación personal, Carlos Leyva, experto del subsector de engorde de pollos). Según la ANAVIH, en el país pese a la potencialidad del sector, no existe ningún proyecto de este tipo montado o en ejecución, incluyendo el subsector de sacrificio de aves de corral.

3.2.2 Subsector producción artesanal de quesos

- **Información del sector**

La aportación de este rubro al PIB de acuerdo con cifras del Banco Central de Honduras, en el 2008 fue de 700 millones de lempiras, representando esta cifra 0.25 % de los 274,000 millones de lempiras del total. El sector lácteo de Honduras está compuesto por más de 50,000 productores, un número aproximado de 600 queseras artesanales de diferente tamaño y seis plantas industriales, de las cuales 2 procesan el 95 por ciento de la leche que se mueve en el circuito industrial. Las empresas de servicios e insumos complementan el conglomerado. Aunque se produce leche en todo el país, las principales regiones productoras son la costa Atlántica y el departamento de Olancho.

La producción anual se estima actualmente en 700 millones de litros, lo que representa un nivel de producción que logra la autosuficiencia del país, quedando siempre sujeto a validación estos datos por la inexistencia de información fidedigna. El valor de las importaciones de productos lácteos es de U$ 45 millones con tendencia creciente, mientras las exportaciones registradas son del orden U$ 3.5 millones especialmente quesos destinados al mercado de El Salvador, estimándose que el comercio ilegal hacia ese país triplica esa cantidad.

Las principales características de la producción se relacionan, entre otros, a baja productividad por vaca (3-4 litros por vaca/día), bajas tasas de parición, estacionalidad marcada (el 70% de la producción se concentra en cuatro meses), lo que genera todos los años problemas con las plantas industriales en cuanto al volumen de leche a comprar pues existe dificultad de proceso y comercialización de estos excedentes en estos períodos (ver tabla 21).

La industria artesanal es, por lo general, de muy pequeña escala y de limitada calidad y la industria formal trata de mantener un nivel de competitividad en el mercado nacional respecto a marcas extranjeras.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

En este sector, las 2 plantas industriales más grandes del país procesan el 38% de la producción nacional de leche (95% del procesamiento de la leche del subsector industrial). Estas plantas solo utilizan en promedio el 1% de sus inventarios de leche fluida para la elaboración de quesos frescos, y el residuo resultante (suero básicamente) es procesado nuevamente para su deshidratación, el cual se comercializa como insumo en la industria alimenticia (panaderías), ver tabla 22.

El sector de queseros artesanales procesa aproximadamente el 60% toda la producción nacional de leche, el principal residuo de esta actividad es el suero, el cual se utiliza en menor escala como complemento alimenticio para las granjas porcinas del sector no tecnificado, pero en general, la mayor parte de este residuo es vertido directamente sin depurar, en las cuencas hidrográficas circundantes a la unidad productora. Se estima que la cantidad de desechos líquidos generados asciende a un millón de litros al día, lo que lo convierte en un sector con potencialidad para la generación de metano y su aprovechamiento, no obstante la atomización de los talleres artesanales de quesos es un factor que habrá de tenerse muy presente para valorar la factibilidad de este tipo de proyectos en este sector.

Tabla 21. Resumen sector lácteo

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Leche fluida	50% Olancho, Choluteca, Comayagua, El Paraíso, Copan y Sta. Bárbara. (20->28) 50% en Cortés, Yoro, Atlántida y Colon.(22->28)	212,000 cabezas	400	Miles de litros/día	80,000 explotaciones ganaderas doble propósito 8,000 explotaciones lecheras 6 plantas industriales de procesamiento	N.D. [5]	N.D.	N.D.
Producción Industrial de Quesos	San Pedro Sula, Tegucigalpa, La Ceiba y El Zamorano. (18->28)		14	Miles de libras/día	6 plantas industriales de procesamiento	No se generan desechos de suero, ya que el mismo es deshidratado en estas plantas	N.D.	N.D.
Producción artesanal de quesos	50% Olancho, Choluteca, Comayagua, El Paraíso, Copan y Sta. Bárbara. (20->28)	288,000 cabezas	288	Miles de libras/año	600 unidades de producción artesanal	Suero	1	Millones de litros/día

[5] N.D.: No disponible.

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
	50% en Cortés, Yoro, Atlántida y Colon.(22->28)							

Fuente: CNP+LH

Tabla 22. Plantas de procesamiento industrial de lácteos

Departamento	Empresa	Producción	Unidades	Sistema de gestión de aguas residuales
Cortes	Lácteos de Honduras LACTHOSA	10	Millones de litro/mes	Reactor de Biooxidación (Lodos activados)

Fuente: LACHTOSA

3.2.3 Subsector vegetales orientales para exportación

- **Información del sector**

En la actualidad se encuentran unas 700 empresas dedicadas a distintos cultivos para la exportación, empleando directamente alrededor de 100,000 personas.

La aportación de este rubro al Producto Interno Bruto de acuerdo con cifras del Banco Central de Honduras, en el 2008 fue de 4,723 millones de lempiras, representando esta cifra 1.74% de los 274,000 millones de lempiras del total.

Aunque se producen frutas y vegetales en todo Honduras, la producción por rubro está concentrada en zonas particulares; así, los melones y sandías se concentran en Choluteca; el tomate en Comayagua, Copán, Francisco Morazán y Olancho; las hortalizas de clima templado en las partes altas de La Esperanza, Siguatepeque y Ocotepeque y en menor escala en Cortés. La cebolla en las partes bajas de Comayagua y Ocotepeque; camote en Comayagua, Yoro y Santa Bárbara; el pepino, calabacines y vegetales orientales en Comayagua; chile jalapeño en Copán, Yoro, Comayagua, Santa Bárbara, Choluteca I y El Paraíso; el mango en Comayagua, el cacao en Cortés, Atlántida y Copán; los cítricos en Sonaguera, Colón; el limón persa en Comayagua, El Progreso y Lago de Yojoa; el rambután, litche y mangostín en Yoro y Atlántida y el plátano en Cortés, Yoro, Atlántida, Francisco Morazán y Santa Bárbara.

El desarrollo de este rubro se ve limitado por la falta de una agroindustria que pueda utilizar el producto que no cumple las exigencias de calidad requeridas por los mercados de exportación, la falta de infraestructura de post-cosecha, el alto riesgo y el alto valor de financiamiento. Un resumen estadístico del sector se presenta con más detalle en la tabla No.23.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

Según el criterio de las asociaciones de productores del sector (FUNDER), la generación per-se de residuos sólidos es mínima, porque los rechazos de productos especialmente de exportación se comercializan a nivel local, y el resto de los residuos son dispuestos como alimentos para animales en las pequeñas unidades de crianza y lo que finalmente no se puede aprovechar se integra en el terreno a los campos de cultivo. Según las asociaciones y empresas particulares del sector consultadas, no es práctica común la fabricación de abonos orgánicos (compost) a base de estos residuos.

Al momento de la elaboración de este estudio, las empresas visitadas no mostraron datos cuantitativos de sus residuos pero se estima que el porcentaje de rechazo del cultivo, para una operación económicamente factible de estas unidades, es de aproximadamente un 5% de la producción.

Las aguas residuales del procesamiento de frutas y vegetales, se generan sobre todo en las actividades de lavado y desinfección, previo al empaque de estos productos. En general, estas aguas residuales son descargadas sin depurar, directamente en las cuencas hidrográficas, o bien son reutilizadas para riego en los campos de cultivo. De acuerdo a las tasas típicas de generación de aguas residuales para la industria alimenticia del IPCC (tabla 8), típicamente se podrían esperar, 20 m^3 de agua residual por tonelada métrica de producción. En base a estas tasas de generación se han estimado las descargas de aguas residuales que se reportan en la tabla 23.

Tabla 23. Resumen sector Frutas & Vegetales

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (°C)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Papa	Ocotepeque, La Esperanza, Marcala, Fco. Morazán. (14-22)	2,000 Manzanas	500	Miles quintales/año	3000 productores independientes 2 Cooperativas de productores	Agua de lavado con tierra	454,000	m^3año
Lechuga, brócoli, repollo, Coliflor	Fco. Morazán, Comayagua (18-26)	150 Manzanas	25	Miles libras/año	4 Empresas asociativas	Hojas y tallos Aguas residuales	6 230	Miles libras/año m^3/año
Yuca	Cortes, Olancho, Yoro (20->28)	1,000 Manzanas	180	Miles quintales/año	700 productores 1 Empresa asociativa	Trozos y cáscaras Aguas residuales	52 164000	Miles libras/año m^3/año
Concentrado de mora	La Paz (20-26)	30 Manzanas	150	Miles libras/año	1 planta procesadora	Pulpa Aguas residuales	37 1400	Miles libras/año m^3/año
Vegetales orientales	Comayagua (20-26)	1,800 Manzanas	75	Miles libras/año	2 Empresas asociativas	Producto rechazado		

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
para exportación					2 Productores independientes	para exportación Aguas residuales	7.5 700	Miles libras/año m^3/año

Fuente: FUNDER, 2009

Según lo expresado por las empresas que se dedican a la producción de vegetales orientales para la exportación, este es el subsector que presenta un mejor potencial para el aprovechamiento de los residuos para la producción de abono por compostaje, ya que los rechazos no logran ser colocados en el mercado nacional, debido a la poca demanda domestica de estos productos, por lo que actualmente se disponen en su totalidad, como alimentos para animales y por integración directa en los campos de cultivo.

3.2.6 Sector camarón y langosta

- **Información del sector**

La aportación del sector camarón y langosta a las exportaciones del Honduras ha ido en aumento, de un estimado de 42 millones de dólares americanos en 2005 a un proyectado de 50.5 millones de dólares americanos en 2008 (Banco Central de Honduras, 2009) y genera empleos para más de 20,000 personas entre directos e indirectos.

La industria pesquera de Honduras se concentra primordialmente en el litoral Atlántico del País. La pesca también se da en menor grado, a nivel artesanal en el Golfo de Fonseca, en el litoral Pacífico del Honduras. Pesca artesanal de agua dulce también se da en la región del lago de Yojoa y la Represa Hidroeléctrica Francisco Morazán, también conocida como Represa El Cajón.

Para el periodo 2000-2007 la industria se colocó como la segunda mayor exportadora del país y la segunda generadora de divisas al nivel país.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

En el subsector de procesamiento de camarón, el principal residuo sólido consistente en exoesqueletos y cabezas, los cuales se procesan para convertirlos en tierras diatomáceas. Los representantes del sector manifestaron que esta práctica, está motivada con mucho por la necesidad de una correcta gestión de los residuos sólidos de la industria, aunque reconocen que si existieran practicas que demostraran una mejor factibilidad económica y ambiental, el sector es flexible al cambio de práctica de gestión de los residuos sólidos, en vista de la importante demanda de energía y vapor, para el proceso de empaque de camarones. En el proceso de empaque de los camarones también se generan aguas residuales a una tasa aproximada de 0.01 m^3 por libra de camarón empacada. Estas aguas que se caracterizan por su moderada carga orgánica (1,000 mg/l DBO), las cuales son depuradas comúnmente en sistemas de lagunas de estabilización (tabla 26).

Tabla 24. Resumen de generación de residuos en el sector camarón & langosta

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Camarón	Choluteca, Valle (>28)	14,500 Ha	44	Millones de libras / año	350 Fincas Productoras 8 Plantas Procesadoras	Exoesqueletos, cabezas (Procesados para la elaboración e tierras diatomáceas) Aguas Residual	8.8 440,000	Millones de libras / año m^3/ año

Fuente: ANDAH. 2009

3.2.7 Sector mataderos

- **Información del sector**

La ganadería en Honduras es un importante rubro agroindustrial del país. La cría de ganado bovino aporta al PIB nacional de forma mantenida alrededor del 1% anualmente (Banco Central de Honduras, 2009). Adicionalmente, en producción, procesamiento y conservación de carne y pescado, la contribución de estas industrias al PIB nacional es de un 1% adicionales (BCH, 2009).

Para el 2003 se estimó un hato de 2.4 millones de cabezas. Esta cantidad es superada en 4.2% en el año 2008, al registrarse una existencia bovina de 2.5 millones de cabezas (INE, Encuesta Nacional Agrícola 2007-2008, 2008).

La ganadería en Honduras tiene dos tipos de mataderos: los mataderos públicos municipales y las empacadoras privadas. Los primeros están regidos y zonificados por municipios y son regulados por autoridades municipales e inspeccionados por SENASA. Adicionalmente, en el país operan empacadoras privadas, las cuales procesan su carne, la empacan y exportan y también comercializan sus productos en el mercado nacional.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

La generalidad de los mataderos en Honduras es que son administrados y operados por los gobiernos municipales, que están distribuidos por todo el país, y por lo general no practican mediciones ni controles de la generación de los residuos sólidos y líquidos. En la mayoría de estos mataderos, la sangre y las aguas de lavado de las áreas de sacrificio, procesamiento y corrales de mantenimiento, se mezclan y se vierten directamente sin depurar, en las cuencas hidrográficas circundantes a las instalaciones. Solo en casos excepcionales de las ciudades más importantes, los mataderos municipales vierten sus aguas residuales en lagunas de retención de sólidos e infiltración, aunque en estos casos tampoco se practica la separación de la sangre y restos sólidos de carne de las aguas residuales, por lo que estas lagunas se caracterizan por sus condiciones anaeróbicas y por el rápido asolvamiento (Figura 10). No se facilitaron datos sobre la calidad de las aguas residuales, pero las fuentes bibliográficas citan valores de DQO de alrededor de 5,000 mg/l,[6] para

[6] Análisis Ambiental, Matanza de Ganado Mayor-Fuentes Principales de contaminación, Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias. www.tecnologiaslimpias.org

rastros que procesan alrededor de 400 cabezas al día, en los cuales no se practica la separación de la sangre. Según los datos proporcionados por los rastros visitado y las fuentes consultadas, la tasa de generación de aguas residuales de estas plantas de sacrifico están entre 1.4 y 2.3 m^3 por libra de carne procesada[7].

Tan solo en los mataderos del sector privado, se practica la separación de la sangre, restos sólidos de carne, y huesos, los cuales se procesan para la fabricación de harinas. Las aguas residuales de los procesos y de los corrales de mantenimiento de estos mataderos privados, se vierten en algunos casos, en lagunas de retención, que en la mayoría de los casos no han sido diseñadas, ni se operan, como lagunas de estabilización.

Por otra parte, se han reconocido las dificultades para la sostenibilidad, con las que puede tropezar un proyecto de captura de metano, sobre todo por la práctica de la administración municipal de estos establecimientos, que en general ha resultado en la deficiente operación de los mismos. En el caso de los mataderos municipales en Honduras, un proyecto de captura de metano deberá tener la flexibilidad suficiente para ajustarse a las limitaciones de carácter administrativo, especialmente presupuestarias, que pueden en el largo plazo afectar la sostenibilidad de este tipo de proyectos. En la tabla 27, se reportan las características, de los únicos mataderos a los que se tuvo acceso durante esta investigación, así como un resumen del sector en la tabla 28.

Figura 10. Laguna de retención para disposición aguas residuales en un matadero municipal en Honduras.

Tabla 25. Gestión de residuos en rastros

Departamento	Empresa	Producción	Unidades	Sistema de gestión
Cortés (San Pedro Sula)	PROMUCA (Municipal)	43,700	libras/día	378 m^3/d de aguas residuales, vertidas en sistema de lagunas de retención. No se practica separación de la sangre, la cual se vierte mezclada con las aguas residuales de limpieza de las diferentes áreas.
Cortés (San Pedro Sula)	EMPACADORA CONTINENTAL S.A. (Privado)	40,000	libras/día	210 m^3/d de aguas residuales de limpieza de las diferentes áreas vertidas sin depurar al alcantarillado sanitario. Se práctica la separación de la sangre y cribado de restos de carne y hueso, los que se procesan junto con los demás subproductos para la producción de harina de hueso.

[7] Manual de Disposición de Aguas Residuales, CEPIS. www.cepis.ops.org.pe

Tabla 26. Resumen de generación de residuos en el sector mataderos

Sector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Mataderos	Municipios con Sistemas de Lagunas de Retención. Y Empresas privada de Sacrificio de ganado. San Pedro Sula, Cortes Tegucigalpa, Fco. Morazán (22->28) Rastros municipales en municipios pequeños, diseminados por todo el país.	2,000,000 Cabezas vacuno y porcino	60,000	TM/ año	2 Grandes procesadoras Municipales Cantidad no determinada de rastros municipales en municipios pequeños 2 Procesadoras Privadas	Aguas Residuales, sin separación de sangre y restos de carne, y excretas, dispuestas en lagunas de infiltración Residuos Sólidos de Carne y hueso, dispuestos en relleno en el terreno. Aguas Residuales, sin separación de sangre y restos de carne, y excretas, dispuestas en cuencas hidrográficas Residuos Sólidos de Carne y hueso, dispuestos en relleno en el terreno. Aguas Residuales, con excretas de los galpones. Se practica segregación de sangre y restos de carne (Los residuos sólidos separados se procesan para producir Harina de hueso).	N.D. N.D. N.D.	N.D. N.D. N.D.

Fuente: CESCCO, PROMUCA. 2009

3.3 Sectores que no generan metano

3.3.1 Textil

- **Información del sector**

El número de empresas en el sector ha aumentado desde el año 2,000 en el cual se contaba con un número de 145 empresas que se dedicaban a esta actividad, para el año 2009 el número de empresas en el sector es de unas 239 entre pequeñas medianas y grandes. Las cuales en su mayoría se encuentran ubicadas en la región norte del país. Las plantas fabricantes de telas, más que las de confección de prendas, son las de mayor importancia en términos de generación de residuos con algún potencial para la generación de metano. Las plantas de mayor tamaño de este subsector procesan entre 1.5 y 2 millones de libras de tela a la semana, en tanto que las de mediana escala procesan alrededor de 500 mil libras de tela a la semana.

Las empresas del sector textil están asociadas gremialmente en un solo organismo que agrupa a las empresas del sector manufacturero en general y dentro de éste al textil, este organismo es la AHM.

El aporte del sector textil para el producto interno bruto a nivel del país es de un 20 % del PIB para el año de cierre de 2008. El crecimiento del PIB es de un 2.1 % desde el 2002 al 2007. Obteniendo una tasa promedio de crecimiento del sector de 0.42 % de aporte al PIB nacional.

La tasa de decrecimiento de las exportaciones para el periodo de los años 2004-2008 fue de 0.75 %. Pero aun así para el año 2008 supuso un crecimiento de las exportaciones en un 3.5 % en relación al año 2007. La industria alcanzo un 42.6 % de aporte de divisas para el año del 2007.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

Uno de los principales residuos generados en este sector, son las aguas residuales de proceso que montan aproximadamente a 0.04 m^3 por libra de tela producida. Estas plantas se caracterizan porque sus aguas residuales tienen moderadas cargas orgánicas (1,000 mg/l DBO), las cuales son depuradas en sistemas de bio-oxidación, específicamente en procesos de lodos activados. De esta manera, uno de los principales residuos generados por esta industria, son los lodos purgados de estos sistemas de depuración, los cuales son dispuestos bien en los mismos predios de las plantas textileras, o en rellenos sanitarios municipales que en su mayoría se caracterizan por ser no tecnificados. No obstante, se desconoce las proporciones de lodos purgados de estos sistemas de depuración que están siendo depositados en estos sitios (ver tabla 25).

Tabla 27. Resumen de generación de residuos en el sector textil

Subsector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Producción de telas	Cortes, Sta. Bárbara, Yoro (20->28)	180 Ha	235	Millones de libras de tela / año	Al menos 10 plantas de producción de telas	Lodos de Sistema de Depuración de Aguas Residuales (Lodos Activados)	40	TM/día
						Aguas Residuales	200,000	m^3/ día

Fuente: CESCCO, 2009

3.3.2 Sector azúcar

- **Información del sector**

En la actualidad la Industria Azucarera Nacional está conformada por seis ingenios: Azucarera La Grecia, Compañía Azucarera Tres Valles, Compañía Azucarera Hondureña, Compañía Azucarera Chumbagua, Azucarera Choluteca y Azucarera del Norte, los cuales están ubicados: 2 en la zona Sur, 1 en la zona Centro y 3 en la zona Norte y procesan aproximadamente 4.3 millones de toneladas de caña producidas en 65,000 manzanas, de las cuales el 49% pertenece a los Ingenios y el 51% pertenece a productores independientes. Cabe resaltar que estas 65,000 manzanas producen más de 8 millones de quintales de azúcar al año.

Igualmente, es importante mencionar que este rubro emplea directamente alrededor de 25,000 personas e indirectamente a más de 100,000, y paga en concepto de planilla arriba de los 300 millones de lempiras al año y por compra de caña a los productores independientes más de 570 millones de lempiras. Sumado a esto, la industria contribuye al estado con más de 120 millones de lempiras anuales en impuestos.

La aportación de este rubro al PIB de acuerdo con cifras del Banco Central de Honduras, en el 2008 fue de 3,225.00 millones de lempiras, representando esta cifra 1.19% de los 274,000 millones de lempiras del total.
La producción del azúcar se comercializa en más de un 95% para consumo local, a través de la CISA el 5% restante es comercializado al exterior para cubrir el sistema de cuotas.
Están organizados en una asociación, lo cual les permite coordinar los esfuerzos de mejora de manera conjunta.

- **Manejo, disposición y composición de los residuos**

No hay producción de alcoholes en el país, el bagazo que es el principal residuo sólido de la operación de fabricación de azúcar de caña, es utilizado como biomasa combustible de los sistemas, para la generación de la energía para la operación de los ingenios, y los excedentes de energía son despachados al sistema interconectado del país. Muchos de estos sistemas, han sido desarrollados aprovechando las facilidades del MDL. Por otra parte la cachaza, que se desecha del proceso de purificación del jugo de la caña, se aprovecha como abono, integrándola directamente a los campos de cultivo de la caña de azúcar.

Las aguas residuales del proceso de fabricación de azúcar de caña, son generadas principalmente en las actividades de lavado de la caña y una cantidad relativamente marginal, procede del lavado de los cuerpos de evaporación. Las aguas residuales de lavado de caña, contiene por lo general residuos de caña y sólidos suspendidos de la tierra removida de la caña, estas agua que monta aproximadamente a unos 4 m^3 por TM de azúcar producida, es habitualmente descargada a los sistemas de riego de los campos de caña. Las aguas residuales procedentes del lavado de los cuerpos de evaporación, montan aproximadamente a 0.5 m^3 por TM de azúcar producida, estas aguas que contienen una cantidad considerable carga orgánica (DQO: 3000 mg/l, DBO: 1800 mg/l), por lo general se mezclan con las aguas de lavado de caña y son dispuestas en el sistema de riego de los campos de cultivo, solo en algunos casos excepcionales las aguas residuales de los ingenios azucareros son separadas y depuradas en lagunas de estabilización (tabla 24).

Tabla 28. Resumen de generación de residuos sólidos en el sector azúcar

Sector	Distribución geográfica y Rango Temperaturas (ºC)	Tamaño	Producción	Unidades	Cantidad de unidades productivas	Tipo de desechos generados	Producción	Unidades
Azúcar	Choluteca, Fco. Morazán, Cortes, Sta. Bárbara, Yoro. (18->28)	65,000 Ha	8	Millones de quintales Azúcar / año	6 Ingenios Azucareros	Bagazo Cachaza Aguas Residuales de lavado de cuerpos de evaporación	1.075 172,000 400,000	Millones TM/año TM/ año m3/ año

Fuente: CAHSA, APAH, FODA Sectorial, 2009

4. FACTIBILIDAD DE SISTEMAS DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La viabilidad de modificar los sistemas de manejo de estiércol de ganado y residuos de procesamiento de productos agrícolas incorporando digestión anaeróbica dependerá de la capacidad de invertir el capital necesario y generar los ingresos adecuados para al menos compensar los costos de operación y administración, así como suministrar un retorno razonable al capital invertido.

De esta forma existen diferentes alternativas para la captura del metano generado y su aprovechamiento como una fuente de energía alterna, en los sectores identificados como potenciales.

A nivel regional, la implementación de digestores anaeróbicos ha permitido demostrar su eficacia, sin embargo, su penetración se ha enfocado en sectores específicos como granjas de cerdos y mataderos, existiendo una aplicación interesante en otros sectores como los propuestos en la presente sección. A continuación se presenta una estimación de la captura de metano que actualmente se genera en dichos sectores con un potencial energético técnicamente aprovechable.

4.1 REDUCCIÓN DE EMISIONES DIRECTAS

A continuación se muestra el potencial de reducción de las emisiones de metano de acuerdo con las metodologías de la IPCC para los sectores seleccionados anteriormente.

4.1.1 SECTOR PORCINO Y AVÍCOLA

Las emisiones del sector porcino (tabla 29) y avícola (tabla 30) fueron calculadas basadas en la ecuación de la IPCC para el estiércol ya mencionada en el capítulo 2 de este informe:

$$CH_{4\,(M)} = \left(VS_{(M)} \times H_{(M)} \times 365\,\text{días/año}\right) \times \left[B_{o(M)} \times 0.67\,\text{kg}\,CH_4/m^3\,CH_4 \times MCF_{S,k}\right] \quad (1)$$

donde:

$CH_{4\,(M)}$ = emisiones estimadas de metano del estiércol para la categoría M de ganado, kg CH_4 por año

$VS_{(M)}$ = tasa de excreción promedio de sólidos volátiles por día para categoría M de ganado, kg sólidos volátiles por animal-día

$H_{(M)}$ = número promedio de animales en categoría M de ganado

$B_{o(M)}$ = capacidad máxima de producción de metano para estiércol producido por ganado categoría M, m^3 CH_4 por kg sólidos volátiles excretados

$MCF_{(S,k)}$ = factor de conversión de metano para sistema de manejo de estiércol S para clima k, decimal

Tabla 29. Emisiones del sector porcino

Parámetros	Porcino	Observaciones
VS (kg/animal-día)	0.3	Valor predeterminado de la IPCC para los porcinos en América latina
H (# de animales)	258,500	Número de animales en sistemas que cuentan con lagunas (ver capítulo 2 - tabla 15)

B_0 (m^3 CH_4/kg VS)	0.29	Valor predeterminado de la IPCC para los porcinos en América latina
MCF	0.8	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas en clima cálido
CH_4 (Tm CH_4 / año)	4,400	CH_4 = VS * H * (365 día/año) * B_0 * MCF * (0.67 kg CH_4/m^3 CH_4) / (1,000 kg /TM)
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción directa	**92,397**	CO_2e = CH_4 * 21

Tabla 30. Emisiones del sector avícola

Parámetros	Avícola	Observaciones
VS (kg/animal-día)	0.02	Valor predeterminado de la IPCC para los aves en países en desarrollo
H (# de animales)	2,805,600	Número de animales en sistemas que cuentan con lagunas: 0.21 * 13,360,000 (ver capítulo 2 - tabla 19) Hipótesis: todos los sistemas en gestión húmedo usan lagunas
B_0 (m^3 CH_4/kg VS)	0.24	Valor predeterminado de la IPCC para los aves en países en desarrollo (Tabla 10A-9, IPCC 2006)
MCF	0.8	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas en clima cálido
CH_4 (Tm CH_4 / año)	2,635	CH_4 = VS * H * (365 día/año) * B_0 * MCF * (0.67 kg CH_4/m^3 CH_4) / (1,000 kg /TM)
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción directa	**55,328**	CO_2e = CH_4 * 21

4.1.1 SECTOR SACRIFICIO DE AVES

Las emisiones del sector sacrificio de aves fueron calculadas basadas en la ecuación de la IPCC para las aguas residuales ya mencionada en el capítulo 2 de este informe. Los parámetros S (masa anual de residuo W DQO removido como sólidos sedimentados, kg por año) y R (masa de CH_4 recuperada, kg por año) fueron considerados nulos ya que no se conoce sus valores.

$$CH_4 = TOW \times B_0 \times MCF \qquad (5)$$

donde:

CH_4 = emisiones anuales de metano, kg CH_4 por año
TOW = masa anual de residuo DQO generado, kg por año
B_o = máxima capacidad de producción de CH_4, kg CH_4 por kg DQO
MCF = factor de conversión de metano para el sistema existente de tratamiento y vía de descarga, decimal

Tabla 31. Emisiones del sector sacrificio de aves

	Sacrificio de Aves	Observaciones
H, Número de Aves	31,500,000	Número de aves en sistemas que cuentan con lagunas (90,000,000 aves, FAOSTAT 2007) (35% usan lagunas, capítulo 2 - tabla 16)
W, Uso de agua (m^3/ave)	0.0189	5 gallons / ave (ver capítulo 2, P32)

COD (kg/m^3)	6	6,000 mg/L (ver capítulo 2)
TOW (kg COD/año)	**3,577,214**	TOW = H * W * COD
B_0 (kg CH_4/kg COD)	0.25	Valor predeterminado de la IPCC
MCF	0.2	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas de baja profundidad (menos de 2 metros)
EF (kg CH_4/kg COD)	**0.05**	
CH_4 (Tm CH_4 / año)	179	
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción directa	**3,756**	CO_2e = CH_4 * 21

4.2 USO POTENCIAL DE ENERGÍA

El uso de sistemas anaeróbicos de digestión con recuperación de metano tienen la ventaja que este puede ser usado para generar energía eléctrica y reducir las emisiones o compensar las emisiones por el uso de otros combustibles fósiles utilizados para el mismo fin. En general el valor del biogás como combustible, es determinado por el costo, sobre una base de energía, del combustible convencional a ser sustituido. En países con bajos costos de energía debido a los subsidios, la digestión anaeróbica para reducir emisiones y generación energética puede ser poco atractiva financieramente.

La siguiente tabla muestra la compensación de emisiones de CO_2 por reemplazar combustibles fósiles por biogás para generación eléctrica.

Tabla 32: Compensación de emisiones de CO2 por reemplazo de combustibles fósiles

Combustible a reemplazar	Reducción de emisiones de CO_2
Generación eléctrica – depende del tipo de energía 100 % carbon 100 % hidroelectrica o nuclear	 1.02 kg/kWh from CH_4 0 kg/kWh from CH_4
Gas natural	2.01 kg/m3 CH_4
Gas licuado de petróleo	2.26 kg/m3 CH_4
Combustible destilado de petróleo	2.65 kg/m3 CH_4

4.2.1 SECTOR PORCINO Y AVÍCOLA

Tabla 323. Emisiones del sector porcino

Parámetros	Porcino	Observaciones
VS (kg/animal-día)	0.3	Valor predeterminado de la IPCC para los porcinos en América latina
H (# de animales)	364,000	Número total de animales en granjas tecnificadas (ver capítulo 2 - tabla 15)
B_0 (m^3 CH_4/kg VS)	0.29	Valor predeterminado de la IPCC para los porcinos en América latina
MCF	0.8	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas en clima cálido

CH_4 (m^3 CH_4 / año)	9,247,056	CH_4 = VS * H * (365 día/año) * B_0 * MCF
CO_2 factor de emisión (kg CO_2e/ m^3 CH_4)	2.65	Hipótesis: se reemplaza combustible destilado de petróleo
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción indirecta	**24,505**	

Tabla 334. Emisiones del sector avícola en húmedo

Parámetros	Avícola	Observaciones
VS (kg/animal-día)	0.02	Valor predeterminado de la IPCC para los aves en países en desarrollo
H (# de animales)	2,805,600	Número de animales en gestión húmedo: 0.21 * 13,360,000 (ver capítulo 2 - tablas 18 y 19)
B_0 (m^3 CH_4/kg VS)	0.24	Valor predeterminado de la IPCC para los aves en países en desarrollo
MCF	0.8	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas en clima cálido
CH_4 (m^3 CH_4 / año)	3,932,329	
CO_2 factor de emisión	2.65	Hipótesis: se reemplaza combustible destilado de petróleo
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción indirecta	**10,421**	

4.2.1 SECTOR SACRIFICIO DE AVES

Tabla 345. Emisiones del sector sacrificio de aves

	Sacrificio de Aves	Observaciones
H, Número de Aves	31,500,000	Número total de aves que usan lagunas
W, Uso de agua (m^3/ave)	0.0189	5 gallons / ave (ver capítulo 2)
COD (kg/m^3)	6	6,000 mg/L (ver capítulo 2)
TOW (kg COD/año)	**3,577,214**	TOW = H * W * COD
B_0 (kg CH_4/kg COD)	0.25	Valor predeterminado de la IPCC
MCF	0.8	Valor predeterminado de la IPCC para lagunas profundas (más de 2 metros)
EF (kg CH_4/kg COD)	**0.2**	EF = B_0 * MCF
CH_4 (m^3 CH_4 / año)	1,067,825	CH_4 = TOW * EF / (0.67 kg CH_4/m^3 CH_4)
CO_2 factor de emisión	2.65	Hipótesis: se reemplaza combustible destilado de petróleo
CO_2e (Tm CO_2e / año) Reducción indirecta	**2,830**	

4.2 RESUMEN

De acuerdo con los cálculos realizados, a continuación se presenta un resumen de las emisiones de cada sector. Estas emisiones pueden ser reducidas en un gran porcentaje mediante cubrimiento de lagunas y captura del biogás. Adicionalmente se incluye el potencial energético que tendría el metano recuperado si todos los residuos fueran tratados en laguna anaeróbicas profundas. Es importante aclarar que las reducciones de emisiones directas calculadas corresponden a las emisiones actuales, bajo las condiciones que están operando los diferentes sistemas de tratamiento; sin embargo, existe un potencial energético mucho mayor desde el punto de vista de implementar sistemas que operen bajo las condiciones adecuadas que permitan una mayor conversión y recuperación del gas.

Tabla 356. Tabla resumen de las emisiones de los sectores porcino, avícola y sacrificio de aves

Sector	Reducciones directas (m^3 CH_4 / año)	Reducciones directas (Tm CO_2e / año)	Reducciones potenciales indirectas (Tm CO_2e / año)	Reducciones potenciales totales (Tm CO_2e / año)
Porcino	6,566,934	92,397	24,505	116,901
Avícola	3,932,329	55,328	10,421	65,749
Sacrificio de aves	266,956	3,756	2,830	6,586
Total	10,766,219	151,481	37,755	189,236

OTROS SITIOS DE INFORMACIÓN

Si requiere mayor información:

Aguas residuales	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria www.cepis.org
Licenciamiento ambiental	www.serna.gob
Producción más Limpia	www.cnpml-honduras.org

GLOSARIO

Aeróbico: Que requiere la presencia de elemento libre de oxígeno.

Anaeróbico: Que requiere la ausencia de aire o de elemento libre de oxígeno.

Compost: La producción de la oxidación microbiana de los residuos orgánicos incluyendo el estiércol a una temperatura elevada.

Efluente: Descarga desde la unidad de proceso de un sistema de tratamiento o estabilización de aguas residuales.

Laguna o estanque anaeróbico: Estructura abierta de tratamiento o estabilización que involucra retención bajo condiciones anaeróbicas.

pH: Medida de la acidez o basicidad de una disolución. Se define como el menos logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, expresada en moles por litro. La escala de pH varía de 0 a 14. Las soluciones neutras tienen un pH 7, las ácidas menor que 7 y las básicas o alcalinas, mayor que 7.

Producto Interno Bruto (PIB): Es la producción creada en un período económico, valorada al costo de factores de producción o a precios de mercado. Pretende cuantificar el resultado de la actividad económica de determinado país, el cual se refleja en el valor agregado generado por las distintas actividades productivas dentro del territorio nacional.

Digestión Aeróbica: Es la degradación de la materia orgánica, incluyendo el estiércol por los microorganismos en la presencia de elementos libres de oxígeno.

Digestor Anaeróbico: Un tanque u otro contenedor para la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, Arias, Gurria. 2006. Inversión Extranjera Directa en el Sector Agropecuario de Centroamérica: El Caso de Honduras. Región II, Banco Interamericano de Desarrollo.
2. Dong, Mangino, Mc Allister, et al. 2006. Capitulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
3. ESA Consultores.2002. Producción y Comercialización de Carne de Cerdo en Honduras, JICA-SAG. Honduras.
4. Honduras en Cifras 2003-2007, (2009) Banco Central de Honduras, Sitio Web BCH http://www.bch.hn/honduras_en_cifras.php, Tegucigalpa, Honduras.
5. Honduras Estadísticas Sector Real, (2009) Banco Central de Honduras, Sitio Web BCH http://www.bch.hn/sector_real.php , Tegucigalpa, Honduras.
6. Manual de Disposición de Aguas Residuales, CEPIS, Sitio Web http://www. cepis.ops.org.pe/bvsacd/scan/026578/Tomo1/026578-00.pdf
7. Primera Comunicación de Honduras a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 1995. Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, Tegucigalpa, Honduras.
8. Análisis Ambiental/Matanza de Ganado Mayor/Fuentes Principales de Contaminación, Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias, Sitio Web:

   http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311101/311101_fucon.htm#CONTAMINATES PROPIOS DEL PROCESO