



Obtención de Factores de Emisión nacionales en el Sector Agrícola para disminuir incertidumbre en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

México, D. F., a 11 de septiembre de 2006

Coordinadores:

José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz y Tomás Hernández Tejeda

Colaboradores:

Eugenio González Ávalos, Luis Gerardo Ruiz Suárez,
Artemio Campos Hernández, Jaime Santiago Mariscal,
Sandra Pérez Benítez, Carolina Piña Reyes, Nirani Corona Romero,
Manuel Hernández, Javier Gutiérrez Molotla y Magda Cecilia García

Septiembre del 2006

CONTENIDO

I. Introducción.....	4
II. Justificación.....	7
III. Objetivos	9
IV. Método.....	10
V. Resultados.....	11
VI. Conclusiones y recomendaciones	11
VII. Referencias.....	20
VIII. Agradecimientos	22

I. INTRODUCCIÓN

Durante la actualización del inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI) de México, para los años de 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000 y 2002, para el sector agricultura, se presentaron los valores estimados de las emisiones en CO₂ equivalente, expresados en Gg. El objetivo de ese reporte, fue realizar nuevas estimaciones de las emisiones de GEI's generados en el sector, mediante la actualización de los valores de los factores de emisión y de los datos de actividad o datos censales de los rubros comprendidos entre las actividades agrícolas y pecuarias en México.

Se pudo observar que para el periodo comprendido entre los años 1990 – 2002, las emisiones (en CO_{2eq}) promedio de metano (CH₄) ocuparon el 84% y las de óxido nitroso (N₂O) el 16% restante (Cuadro 1). Asimismo, se aprecia un decremento en las emisiones del sector para el periodo de 1994 al 2000, posiblemente derivado de la importación de granos básicos como el arroz y del estancamiento en el sector pecuario; el decremento se acentuó en el año de 1996 –esto, relacionado a las actividades económicas del país-.

Cuadro 1. Emisiones de metano (CH₄) y oxido nitroso (N₂O) del sector agricultura en Gg de CO₂ equivalente en México.

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
CH₄	40,318	39,409	38,704	37,161	37,994	37,718	38,687
	85%	86%	85%	84%	84%	83%	84%
N₂O	7,113	6,645	6,804	6,919	7,455	7,813	7,463
	15%	14%	15%	16%	16%	17%	16%
Total	47,432	46,054	45,508	44,081	45,449	45,531	46,151

Fuente: Ordóñez y Hernández, 2005.

Al comparar los resultados obtenidos, respecto a los inventarios anteriores del sector agricultura, se encontraron diferencias en las emisiones de GEI's estimadas; es decir, en el primer inventario de gases de efecto invernadero realizado en 1990 para nuestro país, las emisiones de GEI se determinaron con una metodología preliminar del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC), dando como resultado 38,863 Gg de CO₂ equivalente (INE, 1995).

Utilizando una combinación de metodologías del PICC y la generada por un estudio de país, dos autores mexicanos demostraron que al tomar los valores por defecto del PICC, sobre estimarían las emisiones de metano derivadas de la ganadería (Ruiz y González, 1997). Tomado en cuenta sus resultados previos, realizaron la estimación de las emisiones para los años 1994, 1996 y 1998, obteniendo 57,627; 55,581 y 54,399 Gg de CO₂ equivalente, respectivamente (INE, 2000). Así, los estimados en ambos casos no sugieren una tendencia en el incremento o decremento de las emisiones de GEI del sector agricultura para nuestro país, pero sugiere estudios detallados a realizar sobre los factores de emisión usados y sobre la información censal de los diferentes hatos.

Es importante señalar que durante el proceso de estimación de emisiones del periodo 1994 – 1998, Ruiz y González (1997) y Ruiz y colaboradores (1999), realizaron trabajos de investigación sobre los factores de emisión para la fermentación entérica y la fermentación anaeróbica de los desechos del ganado bovino, analizando la distribución del hato a nivel nacional, enfatizando su distribución climática, función, forma de explotación y estrato de edad, teniendo como resultado una considerable mejora en los datos de actividad.

Bajo este esquema, se enfatizó en la revisión de la información colectada del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), para el periodo comprendido del año 1980 al año 2003, observando que la información referente no está detallada; es decir, no contempla ganado lechero por varios años, no se contabiliza el número de caballos, mulas, asnos y faltan datos del número de

patos, pavos o guajolotes, como en los censos anteriores elaborados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), razón por la cual no se permite hacer extrapolaciones o asumir tendencias del incremento o decremento de las cabezas de animales que existen en nuestro país, de forma directa. Bajo este escenario Ordóñez y Hernández (2005) revisaron datos censales desde 1950 y se analizaron las tendencias centrales del incremento - decremento en dichos animales domésticos, de los datos provenientes del INEGI para los años de 1950, 1960, 1970, 1980 y 1990.

Ordóñez y Hernández (2005) reportan diferencias en los formatos del registro de datos, tanto del INEGI como del SIACON, analizaron las diferentes metodologías utilizadas en cada censo, para homologar los datos y no contabilizar doble. Como resultado de estos procesos, se obtuvieron los análisis de las tendencias centrales del incremento o decremento del número de cabezas de ganado registradas, los resultados observados para las emisiones estimadas en diferentes periodos, permiten sugerir que mucha de la información no es consistente.

Por ejemplo, el SIACON no tiene completa la serie de datos sobre todos los cultivos agrícolas en nuestro país y en algunos casos, se tuvieron datos solo de los años más recientes, pero no se reportan bien las superficies de los cultivos, por lo que no se tomaron en cuenta para las estimaciones, a aquellos cultivos con la información incompleta.

Bajo este contexto y con la finalidad de cumplir con los compromisos contraídos bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el presente proyecto, tiene como finalidad obtener información en dos factores de emisión en el sector agricultura, a fin de reducir las incertidumbres en los inventarios nacionales de GEI.

II. JUSTIFICACIÓN

Durante la elaboración de un Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se presenta un problema recurrente debido a la utilización de factores de emisión adecuados a la actividad emisora de los GEI, porque en algunos casos se carece de estudios, que permitan determinar factores propios de emisión a nivel nacional: Ninguno de los cinco sectores contemplados en los Inventarios de GEI se escapa a tal situación.

Por esta razón, el sector agricultura de nuestro país, que incluye las actividades agrícolas y pecuarias, no es la excepción. Las estimaciones del primer inventario nacional de emisiones de GEI y sus respectivas actualizaciones en el sector, señalan que el recálculo de las emisiones siempre varía, debido a que casi siempre se usan los factores de emisión propuestos por la metodología del PICC (valores por defecto); entonces, la utilización de uno u otro valor, dependerá de diferentes criterios que los expertos sustenten al realizar las estimaciones de un sector en particular.

En el primer inventario de gases de efecto invernadero con año base 1990, publicado hasta 1995, las emisiones de GEI se determinaron con una metodología preliminar del PICC, donde se utilizaron factores de emisión por defecto para casi todas las fuentes. En la segunda actualización del sector agricultura del 2000 se consideraron factores de emisión nacionales para el ganado bovino y en la última actualización (2005) se integraron factores modificados para el sector agricultura, lo que da como resultado diferencias significativas en las emisiones (Cuadro 2).

Los diversos factores de emisión utilizados en los inventarios previos han dado como resultado inconsistencias, especialmente sobreestimaciones en las emisiones de CH₄ derivado de la ganadería y de CH₄ y N₂O producto de la combustión de la caña de azúcar. Ordóñez y Hernández (2005) reportaron una

reducción en las emisiones totales del sector, debido solamente a la corrección de los valores por defecto de los factores de emisión (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variación en las emisiones expresadas en Gg de CO₂ eq. (inventario de 1990 y 2 actualizaciones) utilizando diferentes factores de emisión.

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
INEGEI 1995	38,863						
INEGEI 2000			57,110	55,674	54,463		
INEGEI 2005	47,432	46,054	45,508	44,081	45,449	45,531	46,151

En México Ruiz y González (1997) y Ruiz *et al.*, (1999), realizaron trabajos de investigación sobre los factores de emisión para la fermentación entérica y la fermentación anaeróbica de los desechos del ganado bovino, analizando la distribución del hato a nivel nacional, enfatizando su distribución climática, función, forma de explotación y estrato de edad, teniendo como resultado una considerable mejora en los datos de actividad.

Cabe señalar que para la actualización del Inventario de GEI para el sector agricultura de 1990 al 2002, se modificaron los valores de algunos factores de emisión por defecto, con respecto al inventario anterior (e.g., para determinar las emisiones por la quema de la caña de azúcar y en el apartado donde se contabiliza el aporte de nitrógeno de los residuos de las cosechas a los suelos, entre otros).

Por lo anterior, es relevante y urgente, conducir estudios detallados, a fin de generar factores de emisión tanto locales, como regionales y nacionales, sobre todo en actividades clave dentro de cada uno de los cinco sectores, para reducir incertidumbres en la estimación de emisiones de los gases de efecto invernadero en nuestro país.

III. OBJETIVOS

General

- Determinar dos factores de emisión, en actividades clave, en el sector agrícola del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, con el propósito de reducir la incertidumbre de las estimaciones de las emisiones.

Particulares

- Calcular los valores nacionales de la relación cultivo-residuo, de la fracción de materia seca y de la fracción de carbono en los residuos de cosecha, de la quema de la caña de azúcar en diversos sistemas de producción en México.
- Determinar los factores de emisión para las emisiones de CH₄, derivadas de la fermentación en tres sistemas de producción presentes en tres regiones con diferentes climas en México.

IV. MÉTODO

SECCIÓN GANADERÍA

En el caso de la sección de ganadería, se realizó una revisión exhaustiva y se presentan los resultados de los factores de emisión de metano, producto de la fermentación de estiércol en tres sistemas de producción, de tres regiones climáticas de México, obtenidos por Ávalos y Ruiz (2006).

SECCIÓN AGRICULTURA

Para estimar los valores nacionales en la quema de la caña de azúcar en diversos sistemas de producción en México se incluyó información sobre tipo de surcado, número de cepas por hectárea, número de tallos por hectárea, longitud de canutos, longitud de tallos y de producción por hectárea (Campos y Ambríz, 2006).

Se determinó la biomasa por estructura vegetal (tallos, hojas y raíz) y las relaciones porcentuales del área foliar con respecto al tallo, masa del tallo con respecto al peso total de la caña (incluyendo raíz); posteriormente se determinó la concentración de carbono por estructura vegetal y se realizaron las estimaciones de los valores nacionales del carbono contenido en dichas estructuras.

V. RESULTADOS

Se revisó el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola y sus respectivas actualizaciones, de donde se desprendió un comparativo (Cuadro 2), así como la información señalada en los antecedentes.

SECCIÓN GANADERÍA

Los factores de emisión de metano de diferentes sistemas de manejo de excretas, incluyendo la simulación de la fermentación en un sistema de lechada, fueron determinados experimentalmente por González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2001, 2006) en tres regiones climáticas diferentes.

Al combinar ambos estudios, se obtuvieron valores para la producción máxima de metano (B_0) provenientes de excretas producidas por ganado bovino de diferentes sistemas de producción y regiones climáticas, lo cual implica diversas incertidumbres derivadas de las diferentes calidades de alimento y Factores de Conversión de Metano (FCM) dependiendo de los sistemas de manejo de excretas (González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2006).

Los datos que se obtuvieron por González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2006), tienen la misma funcionalidad que los de la metodología actual del IPCC, pero ofrece un conjunto de parámetros más amplios para estimar las emisiones de metano por excretas, lo cual puede ser de interés en México y otros países de condiciones similares a la nuestras.

González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2006) reportan que los FCM pueden ser hasta 17.3 veces más pequeños que los sugeridos en las Directrices de la Metodología

Revisada del IPCC de 1996 (IPCC, 1997) y en la Guía de Buenas Prácticas (IPCC, 2000).

Las diferentes condiciones de humedad y temperatura que prevalecen en nuestro país, pueden o no, favorecer los ciclos biogénicos de las emisiones. Se aprecia que en el estudio de González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2006) los sitios con clima templado, donde se le da un complemento alimenticio al ganado, se incrementan las emisiones de metano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Factores de emisión de metano expresados en kg CH₄ / cabeza al año, derivadas de la fermentación simulada a diferentes temperaturas, simulando las regiones climáticas.

Temperatura	Ganado lechero intensivo	Ganado lechero semi-intensivo	Ganado carne intensivo	Ganado doble propósito
T-35° C ^a	7.05 ± 4.08%	0.79 ± 5.12%	1.07 ± 7.62%	0.57 ± 8.37%
T-35° C (AE) ^a	ND	ND	1.71 ± 6.03%	ND
W-35° C ^b	ND	ND	0.76 ± 6.80%	ND

Donde: T = Templado; W = Cálido; AE = Alimento especial; ND = No disponible.

^a Estiércol colectado en sitio con clima templado.

^b Estiércol colectado en sitio con clima cálido.

Fuente: González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2006.

Respecto al porcentaje de los factores de emisión, de González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2006) al compararlos con los valores reportados por el IPCC (1997 y 2000), se encuentran diferencias significativas (Cuadro 4), lo que sugiere desarrollar mas estudios en las diferentes condiciones climáticas de México, tomando en cuenta el tipo de alimentación del ganado.

Cuadro 4. Comparación de los factores de emisión de metano obtenidos por González-Ávalos y Ruiz-Suárez (2006) respecto a los del IPCC reportados en 1997, expresado en porcentaje.

Tipo de clima	Lechero			Estabulado		Corral		Pastoreo	
	IPCC		G y R	IPCC		G y R	IPCC		G y R
	L, C	L	C	L, C	L ^a	L, C	C ^a	L, C	DP ^a
Cálido	65	80	80	1	0.20	1	0.09	1	0.02
Templado	65	80	80	1.5	0.39	1.5	6.00	1.5	1.05
Árido	65	80	80	2	1.16	5	5.70	2	5.38

Donde: G y R = González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2006.

L = Lechero, C = Cárnico, DP = Doble propósito.

^a Los valores reportados en esta celda, fueron producto del promedio en los valores de sitios con temperatura cálida de 27° C a 35° C, basado en el trabajo de González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2006.

SECCIÓN AGRICULTURA

Caña de azúcar

En el trópico mexicano hay una práctica agrícola conocida como “roza, tumba y quema” de los residuos de árboles y arbustos antes de la siembra de los cultivos, cuyas emisiones se contabilizan en el sector uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Otra práctica en el trópico es la quema de los residuos de algunos cultivos agrícolas, con el objeto de enriquecer el suelo para la siembra siguiente; sin embargo, en las zonas más áridas de nuestro país esta práctica no se lleva cabo ya que dichos residuos son aprovechados en la alimentación del ganado.

En México la superficie cultivada de caña de azúcar es de 677,366 ha con un rendimiento promedio de 67.99 Mg ha⁻¹. En el estado de Morelos se cuenta con una superficie de 18,000 ha con caña de azúcar incluyendo tierras de rotación (Campos y Ambríz, 2006).

En la zona de abasto del Ingenio azucarero Emiliano Zapata de Zacatepec, Morelos, se estima un rendimiento promedio de caña de azúcar de 113 Mg ha^{-1} (Campos y Ambríz, 2006). De acuerdo a las condiciones del Estado de Morelos, la siembra de caña de azúcar según Campos y Ambríz (2006) se realiza en tres tipos de surcado que se describen a continuación :

1) Surcado tradicional a 1.20 m de ancho

El surcado tradicional se realiza aproximadamente en un 78 % de la superficie de la zona de abasto del Ingenio Emiliano Zapata. Este tipo de surcado es del dominio de la mayoría de los productores cañeros, dado que se ha practicado desde hace aproximadamente 15 años en el Estado de Morelos.

Ventajas: Se siembran aproximadamente 8,333 ha, obteniéndose rendimientos que fluctúan entre 100 y 150 Mg ha^{-1} de caña, si se siguen las recomendaciones que sugiere el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP.

Desventajas: Este tipo de surcado no es apto para realizar la cosecha mecanizada, puesto que las llantas de la cosechadora pisan las cepas del cultivo destruyéndolas y con ésto disminuyendo el rendimiento en el siguiente ciclo.

2) Surcado a 1.40m de ancho

El surcado de 1.40m de ancho consiste en hacer surcos de mayor amplitud que el surcado tradicional; es de reciente introducción en el Estado de Morelos y algunos productores ya lo han adoptado.

Ventajas: Este tipo de surcado es similar al tradicional, únicamente se tienen que ampliar los arados a 1.40m de ancho de surco. El surcado es apto para cosecha mecanizada y cosecha manual. Permite que la cosecha se realice mecánicamente sin dañar las cepas, por el paso de maquinaria. Además, reducen la cantidad de semilla de 8,333 metros lineales que se siembran en el sistema tradicional a 7,143

metros lineales por hectárea con este ancho de surco, lo que reditúa en un ahorro de semilla y mano de obra en un 14%.

Desventajas: Favorece la mayor incidencia de malezas; sin embargo, el productor conoce su control, ya sea mecánica o manualmente a través de los herbicidas sugeridos. Los rendimientos son similares al sistema de surcado de 1.20m de ancho los cuales fluctúan entre 100 y 150 Mg ha⁻¹.

3) Surcado tipo piña o doble surco

El surcado tipo piña o doble surco consiste en hacer camas de surcado con dos hileras de plantas espaciadas entre ellas a 70 cm, por lo tanto cada cama tendrá 2.10 m de ancho, que se logra surcando la parcela a un ancho de surcos de 70 cm; es decir, se siembran dos surcos y dejar uno sin sembrar, en lo cual dará el diseño de tipo piña. Este tipo de surcado es de reciente introducción al Estado de Morelos, pero por su facilidad de manejo y beneficios que aporta, se encuentra ya distribuido en un 20% de la superficie de la zona de abasto del Ingenio.

Ventajas: Los rendimientos se elevan hasta en un 20%, porque se utiliza una mayor densidad de siembra, dado que el número de metros lineales de siembra se eleva a 9,553 por ha. La incidencia de malezas disminuye considerablemente, ya que los sombreados que ocasiona el amacollamiento de la planta no permite la nascencia de malas hierbas. Se realiza adecuadamente la cosecha mecanizada, lo cual no limita la cosecha manual.

Existen aproximadamente 200 variedades de caña de azúcar pero no todas se siembran en nuestro país. Los diferentes tipos de surcado aplican para las diferentes variedades comerciales que se siembran en Morelos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comportamiento de las características agronómicas de la caña de azúcar en los diferentes tipos de surcados en el estado de Morelos.

Tipo de surcado	No. de cepas/ha	No. de tallos/ha	Longitud canutos	Longitud de tallos	Diámetro de tallos	Mg ha⁻¹
1.2m	7,500	92,000	13	296	2.86	120-150
1.4m	8,500	89,000	13.5	296	3.16	120-150
Tipo piña	10,000	104,000	14.5	321	3.13	120-180

Fuente: Campos y Ambríz, 2006.

Para obtener los resultados en los diferentes tipos de surcado, también se debe de aplicar el método de siembra de acuerdo con la fecha de siembra (Campos y Ambríz, 2006), que comprenden dos principales periodos:

a) De agosto a la primera quincena de noviembre. Se utiliza el método de siembra de medio petatillo puesto que el suelo aun conserva humedad del periodo de lluvias y las temperaturas son altas, lo cual provoca una mayor emergencia de brotes teniendo una población adecuada para un buen rendimiento.

b) De noviembre a enero. El método de siembra recomendado debe de ser el de cordón doble, para lograr de esta manera una población adecuada, dado que las temperaturas bajas de invierno inhiben la generación de brotes de la planta.

Resultados de laboratorio para caña de azúcar

Las hojas de la base pesan mas y conforme crece la caña las hojas van decreciendo un poco y por lo tanto pesan menos; en promedio tiene 7.4 g por hoja. La punta de la caña representa un 15% y la base un 13% que dan un total de 28% de residuos de la cosecha final. La concentración de carbono es de 11.5% contenido en 0.25g de hoja.

En promedio los tallos tienen el 72% del total del peso de la caña, la base que se queda ahí tiene el 13%, la punta el 8% y las hojas que se queman con las puntas el 7%. Los tallos presentan una concentración de carbono promedio de 30.3% del total de peso del tallo. La cantidad de residuos que se queman completamente en la cosecha equivalen al 22.3%.

De acuerdo con los lineamientos de las buenas prácticas del PICC de 1996 y del “corrigendum” del 2001, se modificaron algunos valores por defecto para determinar las emisiones por la quema de la caña en la actualización del sector agricultura (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores por defecto de la quema de caña de azúcar utilizados previamente en diversos inventarios de GEI en México.

	Inventarios previos	Actualización de 1990-2002	En este estudio
Relación residuos - cultivo	0.28	0.16	0.15
Fracción de materia seca	0.30	0.83	0.78
Fracción de carbono en residuos	0.4709	0.4325	0.2230

Los resultados obtenidos indican que la quema de caña de azúcar en diversos sistemas de producción en nuestro país proporcionan los valores nacionales siguientes: relación de residuos cultivo = 0.15, fracción materia seca = 0.78 y fracción carbono en residuos = 0.2230. Se sugiere que en futuros inventarios del sector agricultura se utilicen los valores determinados en este estudio.

Cómo se mencionó anteriormente, en este sector del inventario existen muy pocos factores de emisión determinados para nuestro país, motivo por el cual se han usado los factores de emisión por defecto, por lo cual, este tipo de estudios permitirá estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola más confiables y con una incertidumbre cada vez menor.

La aportación relevante es que, para poder tomar decisiones acerca de la implementación de una medida de mitigación de gases de efecto invernadero en cualquier sector o actividad económica, es necesario conocer con la mayor certeza posible, las emisiones generadas en el sector o actividad económica en cuestión, para con ello, poder evaluar la eficacia de cualquier medida implementada.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El aporte de emisiones de gases de efecto invernadero por sector agricultura es importante y se empiezan a retirar incertidumbres en las estimaciones de los factores de emisión para México.
- 2) Se observaron diferencias significativas en las emisiones promedio del ganado y cultivos, respecto a los valores sugeridos del IPCC.
- 3) Dentro de la sección del ganado, referente al metano, apenas se realizó una investigación en tres regiones con diferente tipo de clima (González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2006). Cabe señalar que para nuestro país, se identifican seis tipos principales de clima y sesenta y un subtipos, esto afecta de forma directa el tipo de producción ganadera y por ende de las fermentaciones del estiércol; siendo de nuevo un punto a desarrollar en el futuro.
- 4) Falta obtener los factores de emisión de N_2O y NO_x con especial énfasis en el sector ganadero.
- 5) Se recomienda contabilizar ganado exótico (elefantes, camellos búfalos) que existen en zoológicos, ranchos cinegéticos o colecciones privadas, así como mulas y asnos, cerdos, patos, gansos, codornices y pollitos, en los posteriores censos agropecuarios y estudios de determinación de factores de emisión, ya que se desconoce el proceso biogénico de sus emisiones.
- 6) Es necesario desarrollar investigación en este sector para estimar los factores de emisión por fugas. También se sugiere iniciar otros estudios para generar factores de emisión para las aves ya que se presume generan nitratos y nitritos que dan lugar a otras emisiones biogénicas.
- 7) Los nuevos inventarios censales de ganado deben reportar estructura de la población, peso medio, tasa anual de incremento de peso, dieta y peso promedio por tipo de ganado.

- 8) Se recomienda buscar datos de la cantidad de alimento que se consume por tipo de ganado y por región climática.
- 9) Respecto al sector cañero, se realizó el primer acercamiento en la obtención de sus factores y por ello se debe continuar con las estimaciones para reducir incertidumbres, realizar un balance de masas, así como la relación carbono-nitrógeno.
- 10) La quema de caña de azúcar en diversos sistemas de producción en nuestro país proporcionan los valores nacionales siguientes: relación de residuos cultivo = 0.15, fracción materia seca = 0.78 y fracción carbono en residuos = 0.2230.
- 11) Se sugiere que en futuros inventarios del sector agricultura se utilicen los valores determinados en este estudio para la quema de residuos de la caña de azúcar.
- 12) Se puede vincular a otros investigadores que cuentan con el equipo y experiencia para medir *in situ* las emisiones de CO₂ y otros gases por quema de la caña de azúcar.
- 13) El presente estudio, logro sumar esfuerzos y gano experiencia en el desarrollo de la obtención de los factores de emisión.

VII. REFERENCIAS

- Campos Hernández, A., y R. Ambríz Cervantes. 2006. Tipos de surcado en caña de azúcar en el Estado de Morelos. Folleto para el productor. Campo Experimental Zacatepec. INIFAP-SAGARPA.
- González Ávalos, E. 1999. Determinación experimental de los factores de emisión de metano por excretas de bovino en México. Colegio de Ciencias y Humanidades, UACEPIP, UNAM. México. 155 p.
- González Ávalos, E., y L. G. Ruiz Suárez. 2001. Methane emissions factors from cattle manure in Mexico. *Bioresource Technology*, 80:63-71.
- González Ávalos, E., y L. G. Ruiz Suárez. 2006. Methane Conversion Factors from Cattle Manure in Mexico. *Atmósfera*. En prensa.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Tercer Informe de Evaluación, Cambio Climático, La Base Científica: Resumen para responsables de Políticas y Resumen Técnico. Cambridge University Press, Cambridge. 94p.
- Ordóñez Díaz, J. A. B. y T. Hernández Tejeda. 2005. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2002, Sector Agricultura, Capítulo 4. Instituto Nacional de Ecología – Fundación México Estados Unidos para la Ciencia, A. C.
- Ruiz-Suarez, L. G., and González Ávalos E. 1997. Modeling methane emissions from cattle in México. *The Science of the Total Environment*. 206:177-186.
- Ruiz Suárez, L. G., E. González Ávalos y E. Báez Pedrajo. 1999. Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero por Sistemas Vivos en el Centro de México; Factores de emisión de metano para bovinos del Centro de México: Proyecto MEX/95/G31/NIG/99. México D. F. Instituto Nacional de Ecología y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 222 p.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo de este proyecto, se nos han dado facilidades para establecer sitios de colecta de datos y monitoreo de emisiones, por tipo de ganado, por ello queremos agradecer al Dr. Javier Gutiérrez Molotla Director Técnico del Centro de Enseñanza Práctica Investigación y Producción en Salud Animal (CEPIPSA) de la UNAM y a la M.V.Z. Magda Cecilia García Trinidad Directora del Parque Zoológico de Nezahualcóyotl. La importante aportación del Ing. Artemio Campos Hernández del INIFAP Zacatepec en Morelos, sobre la caña de azúcar permite obtener las relaciones de producción y biomasa acumulada en estos cultivos, sus recomendaciones y comentarios están incluidos en el presente informe. Respecto al apoyo para el procesamiento de las muestras, la Unidad de Análisis Ambiental de la Facultad de Ciencias es merecedora del crédito, además de la vinculación con otros laboratorios como el del Instituto de Geología y Centro de Ciencias de la Atmósfera donde serán procesadas otras muestras y se desarrollarán otros análisis. De manera especial agradecemos a la Biol. Julia Martínez Fernández, Coordinadora del Programa de Cambio Climático y al Ing. Aquileo Guzmán Perdomo, del Instituto Nacional de Ecología por su apoyo en el presente estudio.