

**Actualización del inventario de emisiones gases de efecto invernadero en el sector
agricultura-ganadería de Tlaxcala, México: 2005-2014**

María de Lourdes Hernández Rodríguez

Juan José Castellón Gómez

Mayela Montserrat Gutiérrez Carreón

Resumen

Los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero se han convertido en una herramienta de política pública fundamental para diseñar las estrategias de reducción de emisiones, puesto que facilitan de manera inmediata el entendimiento de las principales fuentes de emisión en una región, y el papel que juegan los ecosistemas capturando parte de estas emisiones. Su elaboración es un compromiso internacional, que busca la mitigación de los efectos del Cambio Climático en el mundo, en este contexto el objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de las emisiones Gases de Efecto Invernadero (GEI), originadas por el sector agricultura-ganadería en Tlaxcala entre 2005-2014, para contribuir a su control, para ello se utilizaron los factores de emisión propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) con base en los cultivos y especies ganaderas de mayor importancia económico-productiva. Los resultados arrojaron que la agricultura genera cuatro tipos de GEI: CH₄, N₂O, CO y NO_x, mismos que emitieron un promedio anual de 284.41 Gg de CO₂eq, por el subsector agricultura y 124.37 Gg por el subsector pecuario: en el primer caso, las principales fuentes de emisión fueron los fertilizantes nitrogenados; y en segundo, la deposición de excretas de ganado bovino.

Palabras clave: agricultura; ganadería; emisiones; efecto invernadero; cambio climático.

Fecha de recepción: 27-febrero-2018 **Fecha de aceptación:** 04-abril-2018

Introducción

De acuerdo con la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CCNUCC, por sus siglas en francés), una de las medidas para contrarrestar el Cambio Climático¹ consiste en estabilizar las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que hay en la atmósfera, a un nivel que evite la interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático, lo que implica mantener sus emisiones en un nivel no superior a 450 ppm de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) (IPCC, 1996a y CCNUCC, 2004).

Magaña (2004) señala que por recomendación del Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), los gobiernos deben construir evidencias de cómo la actividad humana está afectando el clima, bajo el supuesto de que a mayor concentración de GEI mayor anomalía climática; en este sentido, estudios del IPCC demuestran que hasta el 2008, los aumentos de temperatura en 50 años previos habían sido del orden de $0.6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que los modelos de cambio climático para los años venideros sugieren incrementos en el calentamiento global entre 1.4 y 5.8 °C, dependiendo de los niveles de las Emisiones de GEI (EGEI).

El Grupo III del 5° Informe de Evaluación del IPCC, encargado de los estudios que fijan los límites a dichas emisiones, estima como *prácticamente cierto*² que sin acciones de mitigación para el año 2100, el potencial de calentamiento de las concentraciones de GEI en el mundo se incrementará de 750 a más de 1,300 ppm de CO₂eq, frente a las 400 ppm estimadas para 2008, lo que significa una variación de 2.5 a 7.8 °C en el incremento de la temperatura del planeta respecto a los niveles de temperatura en años preindustriales (IPCC, 2008 y 2014).

En este sentido, existe evidencia de que el calentamiento global está relacionado con cinco GEI, que contribuyen con 96% de las emisiones, los cuales, de acuerdo con Benavides y León (2007), se agrupan en directos e indirectos, siendo los directos dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoruro de azufre (SF₆) y compuestos

¹ Cambio Climático es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo. Artículo 1 de la CCNUCC (ONU, 2004)

² Terminología de probabilidad: Prácticamente cierto (99-100% de probabilidad), muy probable (90-99), probable (66-90%), más probable que improbable (33-66%), improbable (10-33%), muy improbable (1-10%), excepcionalmente improbable (0-1%) (IPCC, 2014).

halogenados (CFC); mientras que los indirectos son los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM); los tres primeros GEI directos destacan por su origen antropogénico, por ejemplo: al CO₂ se le asocia con la producción de combustibles fósiles, cambio de uso del suelo, silvicultura y algunos procesos de producción industrial; el CH₄ está relacionado con la ganadería, el cultivo de arroz inundado, la producción de combustibles fósiles y el procesamiento-transporte de bienes y servicios; al N₂O se le vincula con la aplicación de fertilizantes, la quema de biomasa y el manejo de estiércol animal en las actividades agrícola y ganadera (Butler y Montzaka, 2016; Braatz y Doorn, 2008; IPCC, 2001 y 2008).

En este contexto, cabe señalar que el IPCC (1996b) informó a nivel mundial que el sector agricultura es la quinta actividad generadora de GEI, los cuales emiten entre 50 y 70% de las EGEI por CH₄ y CO₂; asimismo, la FAO (FAO,2014) documentó que entre 2001 y 2011, las emisiones CO₂eq producidas por este sector, crecieron de 4,700 a 5,300 millones de t CO₂eq; particularmente, en el caso de México, para 2014, dichas emisiones se estimaron en 80 millones, de las cuales 8.2% fueron de CH₄ y 3.8% N₂O.

Los Inventarios de GEI (IGEI) muestran de forma evidente las afectaciones que las actividades humanas generan en el planeta, y forman parte de los insumos técnicos necesarios que proveen información contundente para la toma de decisiones a nivel general; pero sobre todo a nivel local y su realización, conduce a que los gobiernos establezcan una política económica sustentable basada en una organización capaz de medir y controlar las EGEI, ya que proporcionan información útil para la evaluación y planificación del desarrollo económico, generan información pertinente para abordar problemas del medio ambiente, aclaran lagunas en los datos nacionales, establecen la base para el comercio de emisiones, e identifican en forma confiable fuentes y sumideros de GEI (Braatz y Doorn, 2008).

Bajo estas consideraciones y con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional, en el período 2005-2009 se realizó en Tlaxcala un primer IGEI (UAT, 2013), cuyos resultados en el sector agrícola indicaron que esta categoría ocupó el cuarto lugar en EGEI en la entidad, equivalente al 9% del total de gases emitidos en dicho estado, de los cuales una tercera parte fue identificada como fuente de emisiones directas de N₂O en suelos agrícolas, derivada de la quema de residuos agrícolas de los 10 cultivos con mayor superficie cultivada, y el resto producidos por emisiones de CH₄ generados vía fermentación entérica del ganado bovino (Castellón *et al.*, 2014).

A cinco años de haber realizado ese primer IGEI, en el que se respetaron los planteamientos originales del IPCC (1996a), y tomando como referente la precisión hecha por Ordoñez y Hernández (2005) a los factores de emisión del IPCC ajustados para el caso de México, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el comportamiento de las EGEI en el sector agrícola en el estado de Tlaxcala en un periodo de 10 años? A partir de lo anterior, el objetivo del presente estudio es determinar el comportamiento de las EGEI originadas por el sector agrícola en el estado de Tlaxcala durante el período 2005-2014.

1. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el estado de Tlaxcala, México, ubicado geográficamente entre las coordenadas 19° 06' y 19° 43' latitud norte y entre 97° 38' y 98° 43' longitud oeste (INEGI, 2007). El análisis de las EGEI se basó en la revisión de información secundaria, siguiendo la metodología del IPCC (1996a y b), así como los factores de emisión del IPCC (*op cit*), ajustados por Ordoñez y Hernández (2005) (ver Cuadro 1), mismos que se aplicaron a las bases de datos SIAP-SAGARPA (2011a y 2015a) sobre los diez cultivos y seis especies ganaderas más importantes en la entidad (SIAP-SAGARPA 2011b y 2015b).

2. Bases de datos para la estimación de los GEI para la categoría agricultura-ganadería

La estimación de las EGEI para la actividad ganadera partió de los datos de las siguientes seis especies: aves de traspatio, bovinos, caprinos, ovinos, equinos y porcinos. Los datos de bovino (carne), publicados en SIAP SAGARPA (2015b), presentan modificaciones respecto a la población ganadera documentada en el inventario 2005-2009 (Castellón *et al.*, 2014)³, la cual se basó en SIAP SAGARPA (2011b), propiciando una adaptación de datos atribuibles al ajuste registrado por SAGARPA en fechas posteriores. Gracias a los datos actualizados, se elaboraron los cálculos para el inventario 2005-2014, cuyas modificaciones impactaron directamente en los resultados de fermentación entérica y manejo de excretas en comparación con el inventario 2005-2009.

³ En el inventario 2005-2009 los datos recabados indicaban, para los años en cuestión, 69071, 72180, 75042, 73793 y 68576 cabezas de bovinos de carne para cada uno de los años de estudio.

3. Agricultura

En este apartado se consideraron los 10 cultivos más importantes en la entidad, de ellos el maíz forrajero, el maíz grano, la alfalfa verde, la cebada grano, el trigo grano y la avena forrajera, comprenden el 85% de la superficie cultivada en dicho estado, tanto por la extensión sembrada como por el volumen de su producción; sin embargo, existen cuatro cultivos más, que destacan por su importancia económica: frijol, tomate de cáscara, papa y durazno. Todos estos representan 96% de la superficie total cultivada en el estado durante los diez años de estudio, razón por la cual fueron considerados como los más representativos para la elaboración del IGEl.

4. Cálculo de emisiones

El IPCC (1996a) señala que la ecuación utilizada para el cálculo de las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica es la siguiente:

Ecuación 1. Emisiones de metano

$$\Sigma T [FET*(NT/106)]$$

Donde:

Emisiones metano = Emisiones de metano, por fermentación entérica, en Gg de CH₄ al año.

FET= Factor de emisión, definido por la población ganadera T, en kg CH₄/cabeza-año

NT= Número de cabezas de la especie/tipo de ganado T.

T= Especie/tipo de ganado.

Ecuación 2. Emisiones metano (manejo de excretas)

$$\Sigma T (FET * NT) / 106$$

Donde:

Emisiones metano = Emisiones de metano, por manejo excretas, en Gg de CH₄ al año.

FET= Factor de emisión, definido por la población ganadera T, en kg CH₄/cabeza-año

NT= Número de cabezas de la especie/tipo de ganado T

T= Especie/tipo de ganado

Ecuación 3. Emisiones indirectas de óxido nitroso N₂O

$$N_2O_i = [\Sigma_s [\Sigma T (NT * NexT * MST, S) * (FraccGas MS / 100) T, S]] * FE * 44 / 28$$

Donde:

N₂O_i= Emisiones indirectas de N₂O perdidas por la volatilización del nitrógeno por el manejo de excretas en el estado, en kg N₂O al año

NT= Número de cabezas de especie ganadera/categoría T en el estado

NexT= Promedio anual de N de excreta por cabeza T en la entidad, en kg N animal al año

MST, S= Fracción del nitrógeno total anual de la excreta, por cada especie ganadera/categoría T, manejado en el sistema S en el estado, a dimensionales

FE= Factor de emisión para las emisiones de N₂O por el depósito atmosférico de nitrógeno sobre sólidos y superficie de agua, en kg N₂O-N por los kg de NH₃-N+NO_x-N volatilizado, los valores por defecto son 0.01 kg N₂O-N por los kg de NH₃-N+NO_x-N volatilizado

Fracc Gas MS= Porcentaje de nitrógeno por el manejo de excretas por categoría de Ganado T que volatilice como NH₃ y NO_x en el sistema de manejo S, en %.

Donde:

S= Sistema de manejo de excretas

T= Especie ganadera/categoría

44/28= Conversión de emisiones de N₂O-N a emisiones de N₂O

Ecuación 4. Emisiones por quema de biomasa

$$Q=(A*M*C*FE)/1000$$

Donde:

Emisiones Q= Cantidad de emisión de GEI por la quema, en toneladas de GEI

A= Área quemada en ha

M= Masa de combustible disponible para combustión, en t/ha. Cuando se utiliza Tier I este valor se asume como 0

C= Factor de combustión, adicional. Valores por defecto.

FE= Factor de emisión g/kg de materia seca quemada, en valores por defecto

5. Cálculo de CO₂eq

Para el cálculo de CO₂eq, se utilizaron los potenciales de calentamiento global a cien años, descritos por el IPCC (1996a y 2014); esto es, las emisiones de CO₂ tienen un potencial de calentamiento igual a un año, para CH₄ de 21 años y en el caso N₂O la duración de su potencial de calentamiento es de 310 años.

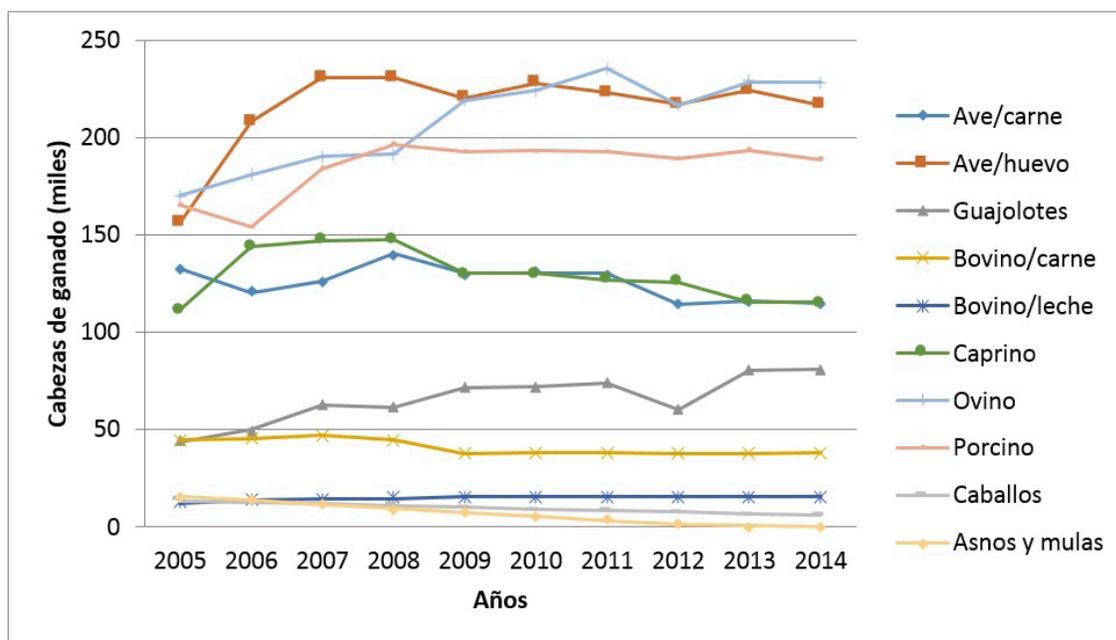
6. Resultados y discusión

6.1 Ganadería

Con base en la información de SIAP-SAGARPA (2011b y 2015b), la población ganadera en el estado de Tlaxcala se ha mostrado prácticamente estable en los últimos cinco años; sin embargo, se observa que aves de traspatio, caprinos, ovinos y porcinos, han mostrado un ligero incremento en su población, mientras que los equinos (caballos, asnos y/o mulas) han disminuido, hecho que se explica fundamentalmente por la mecanización de las actividades agrícolas en el campo tlaxcalteca. Esta tendencia refleja que, en la entidad, la actividad ganadera no es muy importante en términos de población, pero sí lo es para la composición en la unidad de producción familiar campesina (ver Figura 1).

El IPCC (1996a) señala que un primer paso para estimar las EGEI del sector agrícola es la evaluación de las emisiones de metano, emitidas por la fermentación entérica de ganado doméstico y el manejo de su estiércol; para realizar el cálculo respectivo, la metodología de IPCC requiere que se cuantifique la cantidad de cabezas año con año, por lo que se tomaron en cuenta el número total de animales por especie en cada uno de los diez años de estudio, tipificándolas en las categorías determinadas por especie y factores de emisión, con base en su sistema de deposición de excretas y los ajustes que para México calcularon Ordoñez y Hernández (2005) (ver Cuadro 1).

Figura 1. Comportamiento de la población ganadera en el estado de Tlaxcala



Fuente: SIAP-SAGARPA, 2011b y 20115b

Se encontró que los más de 10 millones de animales que arrojó la sumatoria anual de cabezas de ganado registradas por SIAP-SAGARPA en Tlaxcala en el período 2005-2014, generaron 59.21 Gg de CH_4 , de los cuales las 556 mil cabezas de ganado bovino (de leche y carne) identificadas para esos 10 años, fueron responsables del 59.4% de las emisiones por CH_4 , ya que en su conjunto ocasionaron 35.22 Gg de EGEI; mientras que 2.08 millones de ovinos ocuparon el segundo lugar, con un total de 10.59 Gg y cerca de 1.3 millones de caprinos, el tercer puesto, al haber emitido un total de 6.08 Gg de CH_4 .

En un segundo bloque de emisores se ubicaron los equinos, mismos que con un número de cabezas cercano a cero, generaron en su conjunto 2.66 Gg. El ganado porcino, si bien ocupó el tercer lugar en número de cabezas (1.848 millones), sólo generó 2.58 Gg de CH₄, mientras que las aves de corral produjeron 2.1 Gg de CH₄ en el mismo período.

Cuadro 1. Factores de emisión considerados para estimar la EGEI 2005-2014

Factor de emisión	Categoría	Valor
Fermentación entérica por tipo de ganado (kg/cabeza/año)	Aves de corral	0.016
	Bovino lechero	0.694
	Bovino no lechero	1.0
	Caprino	0.149
	Equino (Caballos)	1.803
	Equino (Mulas y Asnos)	0.986
	Ovino	0.139
	Porcino	0.4
	Manejo de estiércol por tipo de ganado (kg/cabeza/año)*	Aves de corral
Bovino lechero		0.694
Bovino no lechero		1.0
Caprino		0.149
Equino (Caballos)		1.803
Equino (Mulas y Asnos)		0.986
Ovino		0.139
Porcino		0.4
Emisiones directas del suelo FE ₁ (kgN ₂ O-N/kg N)		Fertilizantes sintéticos
	Residuos de animales	0.0125
	Residuos de cultivos	0.0125
	Cultivos Fijadores de N	0.0125

Fuente: elaboración propia, con base en IPCC (1996a), y Ordoñez y Hernández (2005).

La emisión de óxido nitroso procedente de los sistemas de manejo de estiércol (SME) –de excretas y orina animal–, depuestos en cualquiera de los siguientes sistemas: a) almacenamiento sólido-parcelas secas y b) praderas, pastizales y otros, fueron en total de 0.0009127 Gg de N₂O al año, de los cuales 88% se generaron mediante almacenamiento

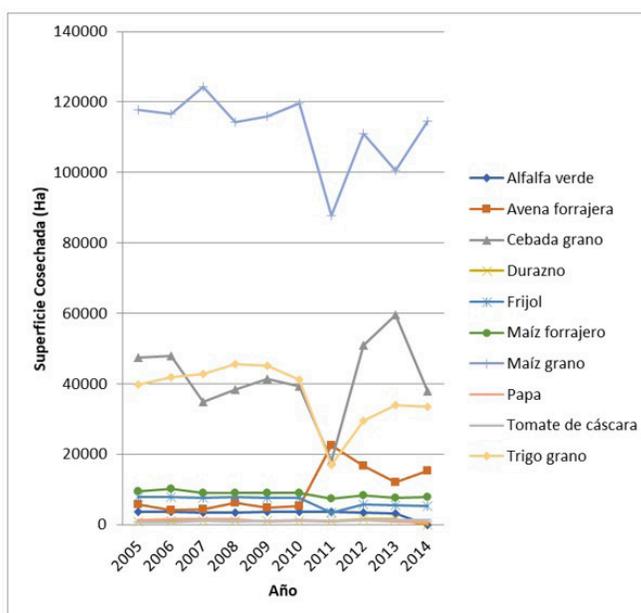
de sólidos y parcelas secas durante todos los años de estudio, siendo los años 2007 y 2008 aquellos en los que se generó más contaminación y que a su vez coinciden con los periodos en que se registró mayor cantidad de cabezas de ganado bovino en el estado.

6.2 Agricultura

En el estado de Tlaxcala, durante los años que comprende este trabajo (2001-2011), se cultivaron en promedio 231,089 hectáreas al año, siendo el 2006 en el que mayor superficie se cosechó (242,798 ha) y 2011 en el que por efectos climatológicos menor superficie fue cosechada (168,894 ha). En todos esos años, los diez cultivos seleccionados han ocupado siempre cerca de 96% de la superficie agrícola del estado, razón por la cual estos se tomaron como indicativos del impacto que los GEI emitidos por la agricultura causan en la región. Cabe señalar que los datos de SIAP-SAGARPA indican que, en el estado de Tlaxcala, la agricultura se dedica principalmente a la producción de granos, ya que maíz, trigo y cebada, ocupan el 86% de la superficie cosechada; sin embargo, en términos de producción, el maíz forrajero es más relevante con un volumen anual de 308 mil toneladas, seguido por el maíz grano, con 275.5 mil toneladas, lo que le confiere a este cereal el 50.1% de la producción total de los 10 cultivos seleccionados (ver Figura 2).

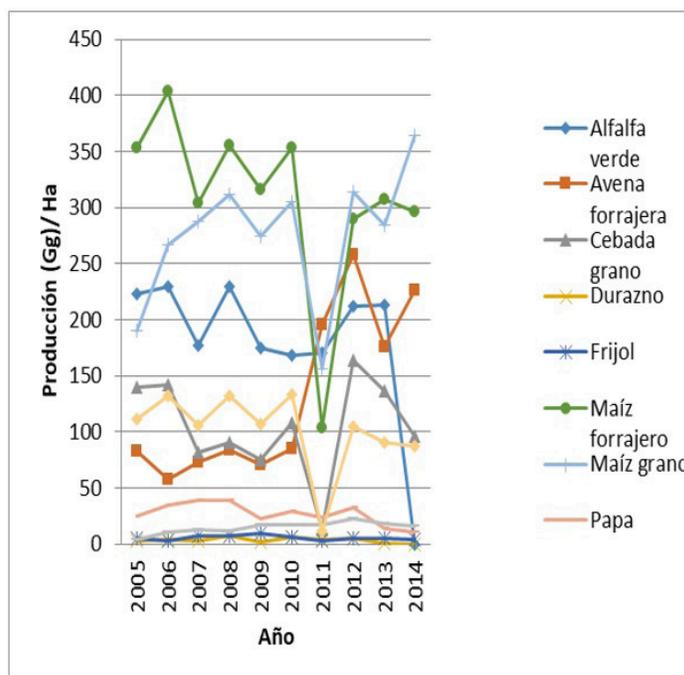
Paralelamente, al analizar emisiones directas de óxido nitroso (N_2O), derivadas de emisiones procedentes de los suelos agrícolas, ya sea por tipo de fertilizantes sintéticos, estiércol animal, cultivos fijadores de nitrógeno o residuos de cosecha, se encontró que 99.9% de dichas emisiones se debe a fertilizantes sintéticos nitrogenados, con un total de 2.247 Gg, generados en el período evaluado, encontrándose que los fertilizantes utilizados durante el período de estudio fueron: urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y en menor proporción fosfato diamónico y fosfato monoamónico.

Figura 2a. Comparativo de superficie cosechada y producción en los principales cultivos del estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

Figura 2b. Comparativo de superficie cosechada y producción en los principales cultivos del estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

Respecto a las emisiones indirectas de N_2O procedentes de deposiciones atmosféricas y lixiviación, al aplicar la metodología del IPCC se evidencia que la lixiviación juega un papel fundamental en emisiones por nitrógeno, ya que representan en promedio 94.2% de los 6.6348 Gg de emisiones indirectas, fenómeno que se atribuye al uso de fertilizantes sintéticos para la nutrición de cultivos, ya que el suelo por sí mismo no aporta grandes cantidades de dicho elemento. El 5.8% restante se atribuye a la deposición atmosférica de NH_3 y NO_x .

Una vez documentadas las emisiones para el período 2005-2014, se procedió a efectuar la comparación con los datos obtenidos por Castellón *et al.* (2014), encontrándose que a diferencia del IGEI para el sector agrícola, 2005-2009, las emisiones de CO, N_2O y NO_x , tienden a incrementarse, derivado del ajuste en el número de cabezas de ganado bovino de leche, documentadas en SIAP-SAGARPA (2105b), así como de los factores de emisión ajustados para México por Ordoñez y Hernández (2005), ya mencionados anteriormente; sin embargo, en el caso de las emisiones por CH_4 derivados de la actividad pecuaria, y a raíz de los ajustes a los factores de emisión, documentaron una ligera disminución de 61.10 a 59.21 Gg; mientras que, en la agricultura, las EGEI provenientes de CH_4 aumentaron por efecto de la quema de residuos de cosecha prácticamente en 100%, al pasar de 1.29 a 2.60 Gg para el período de estudio.

En ese mismo análisis se observó que tanto las emisiones de CO como las emisiones de N_2O y otros óxidos, aumentaron al doble en los últimos cinco años, tomando como base los datos al 2015 del SIAP-SAGARPA; es decir, las emisiones de CO por quema de residuos agrícolas se incrementaron de 27.14 a 54.54 Gg; mientras que la de N_2O con la suma de emisiones por sistema de manejo de excretas, quema de residuos de cosechas, y emisiones directas e indirectas de suelos agrícolas, creció de 4.68 a 9.0 Gg. Por último, el caso de NO_x por quema de residuos agrícolas, también se intensificó al pasar de 2.30 Gg a 4.27, lo que indica que a pesar de haberse elaborado una primera versión del IGEI, documentada en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático 2012. El tema de la generación de estrategias para la mitigación de EGEI generadas por la agricultura y la ganadería en Tlaxcala no ha sido atendido por ninguno de los actores involucrados.

7. Cálculo de CO₂eq para los GEI en la categoría agricultura

De acuerdo con el IPCC (1996a y 2014), la forma adecuada para evaluar el impacto de los GEI es convirtiendo las emisiones de cada gas con su similar en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq); en este sentido, el comportamiento de los datos indica que, si bien la tendencia de las EGEI ha sido a la baja, puesto que disminuyeron de 412.2 a 388.50 CO₂eq en el período estudiado, aquellas relacionadas directamente con la producción de los 10 cultivos agrícolas originó en promedio 70% de las EGEI, siendo el 30% restante de origen pecuario.

En 2009 se registraron las mayores emisiones de GEI por las prácticas agrícolas en Tlaxcala, con aproximadamente 360 CO₂eq, atribuidas 98% a las emisiones directas e indirectas derivadas del óxido nitroso (N₂O); mientras que en el 2008 hubo mayor contaminación por emisiones de origen pecuario, asociado a las emisiones de CH₄ en el 99.9% de los casos.

Si se analizan los datos por tipo de gas (ver Cuadro 2), se encuentra que el CH₄ es el responsable del 31.7% de los GEI, con un punto máximo en el año 2008, donde llegó a causar el 32.8% de ellas, asociadas al manejo de estiércol animal. A su vez, la máxima emisión de N₂O se registró en 2009 con 354.51 CO₂eq, esto es el 73%, mismas que estuvieron ligadas a emisiones de suelos agrícolas.

Cuadro 2. Emisiones anuales totales de CO₂eq en la categoría agricultura en Tlaxcala

Origen de emisión	Generación de CO ₂ eq. en Gg									
	Gas	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Quema de residuos										
agrícolas	N ₂ O	3.84	4.13	3.49	4.26	3.44	3.57	2.92	4.44	4.10
Quema de residuos										
agrícolas	CH ₄	5.37	5.86	5.05	5.98	4.94	5.49	3.94	7.13	6.20
Manejo de										
estiércol	CH ₄	119.91	127.89	130.83	131.04	126.42	126.42	126.21	110.25	122.22
Suelos agrícolas										
(directas e indirectas)	N ₂ O	283.08	285.36	284.24	275.64	351.04	280.34	198.92	272.72	262.40
Fermentación										
entérica de ganado doméstico	N ₂ O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total		412.24	423.27	423.64	416.95	485.87	415.84	332.01	394.57	394.96

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los datos documentados y los generados muestran que el sector agrícola en Tlaxcala ha tenido un comportamiento constante en términos de emisión de Gases Efecto de Invernadero (GEI), siendo estos N₂O, CH₄, CO y NO_x, destacando que los dos primeros son las fuentes del 99% de EGEI, con un volumen promedio anual de 408.7 CO₂eq para el período 2005-2014; sin embargo, mientras que en el primer inventario se atribuyó al N₂O la emisión del 60% dichas emisiones y al CH₄ el 40% restante, en este inventario se identificó que 68.2% de las EGEI fueron causadas por N₂O, mientras que por CH₄ se originaron 31.7%; esta disminución se atribuye a la diferencia de datos de SIAP-SAGARPA sobre el número de cabezas de ganado, así como al ajuste en los factores de emisión.

En el subsector agrícola se encontró que los cultivos analizados, tanto por la biomasa como por el uso de fertilizantes nitrogenados, incrementaron la cantidad de gases emitidos, estimándose que el N₂O causado fue en promedio de 278.95 Gg CO₂eq anuales; mientras que

el CH₄ representó el 5.46 Gg CO₂eq. Por su parte, la ganadería emitió 124.7 Gg de CO₂eq, de los cuales 0.03 fueron por N₂O y 124.34 por CH₄. Cabe mencionar que las emisiones de metano de este subsector equivalen al 96% del total generado por el sector agricultura-ganadería a nivel estatal, y que estas se atribuyen a los sistemas de manejo de excretas de ganado bovino que prevalecen en la entidad.

Es importante señalar que a cinco años de la elaboración y difusión del primer IGEI, entre instituciones del sector público en Tlaxcala, a través del Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático 2012, el manejo y control de las EGEI generadas por la agricultura y la ganadería en Tlaxcala carecen de una estrategia a corto, mediano y largo plazo, que atienda a los acuerdos internacionales a fin de contrarrestar su emisión y, con ello, sus efectos ante el Cambio Climático.

Bibliografía

- Benavides, H. O. y León, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. INDEAM-METEO-008-2007. Nota Técnica*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales-IDEAM. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd> (Consultado el 28 de junio de 2018).
- Braatz, B. y Doorn, M. (2008). *Manejo del proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Manual de la unidad de apoyo a las comunicaciones nacionales*. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008g_guia.pdf (Consultado el 20 de octubre de 2011).
- Butler, J. y Montzaka, S. (2016). *El índice de gases de efecto invernadero de NOAA*. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>
- Castellón Gómez, J. J., Hernández Rodríguez, M. de L.; Ordóñez A., B., Morales, T., Ramírez, G. y Cuevas, A. (2014). Inventario de gases efecto invernadero (IGEI) para la categoría agricultura en el estado de Tlaxcala 2005-2009. En Luis A. Villarreal, Ignacio Ocampo F. y María de Lourdes Hernández R (coords.). *Agua y desarrollo local ante el cambio climático*. (241-258). Colegio de Postgraduados, Campus Puebla y Altres Costa-AMUC.

- Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CCNUCC) (2004). Los diez primeros años del CCNUCC. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/publications/first_ten_years_sp.pdf (Consultado el 20 de octubre 2011).
- Cuevas, A. y Morales, T. (Coord.) (2012). “Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático en el estado de Tlaxcala”. Presentación ante el Gobierno del Estado de Tlaxcala, México.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2014). *Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura. Reporte de divulgación*. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/218907/icode/> (Consultado el 29 de abril de 2017).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2007). *VII Censo agrícola, ganadero y forestal 2007. Tlaxcala*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/agropecuario2007/> (Consultado en septiembre 2011).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996a). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Libro de trabajo Vol. 2*. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html> (Consultado el 20 de septiembre de 2011).
- (1996b). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. Washington, DC: USAOMM, PNUMA.
- (2001). *Glosarios de términos, en Tercer Informe de Evaluación del IPCC*. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf> (Consultado el 31 de marzo de 2011).
- (2008). *Cambio climático 2007: Informe de Síntesis*. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (Consultado el 25 de octubre de 2011).
- (2014). *5to informe de evaluación del IPCC, grupo III mitigación del cambio climático: Medidas prácticas para limitar el calentamiento del planeta*. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/mitigacion-limitar-calentamiento/index.htm> (Consultado el 28 de septiembre de 2015).
- Magaña, V. (2004). El cambio climático global: Comprender el problema. En Julia Martínez y Adriana Fernández (coords.). *Cambio climático una visión desde México*. (pp. 11-16). México: SEMARNAT-INE.
- Ordóñez A., B. y Hernández T., T. (2005). *Inventario Nacional de Gases de Efecto*

Invernadero. Parte 4; Sector Agricultura. México: SEMARNAT.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2004). *Convenio Marco de las Naciones*

Unidas sobre Cambio Climático: Los diez primeros años. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/publications/first_ten_years_sp.pdf (Consultado el 20 de octubre de 2011).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA) (2011a). *Base de datos SIACON estado de Tlaxcala, cultivos cíclicos y perennes modalidades temporal y riego 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.* Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php (Consultado el 10 de octubre de 2011).

------(2011b). *Base de datos SIACON estado de Tlaxcala, ganadería 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.* Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php (Consultado el 10 de octubre de 2011).

------(2015a). *Base de datos SIACON estado de Tlaxcala, cultivos cíclicos y perennes modalidades temporal y riego 2005, 2006, 2007, 2008,2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014.* Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

------(2015b). *Base de datos SIACON estado de Tlaxcala, ganadería, 2005, 2006, 2007, 2008,2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014.* Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT) (2013). *Inventario de gases efecto Invernadero Tlaxcala 2005-2009.* Tlaxcala, México: UAT, AECI, Gobierno del Estado de Tlaxcala, INE, SEMARNAT, PEACC.