

# Estimación de emisiones de GEI de la subcategoría agrícola en el estado de Durango mediante IPCC versión 1996



## Colaboración

Manuel Ismael Mata Escobedo; Darío Cisneros Arreola; Merit Cisneros González, Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana

**RESUMEN** Se elaboró un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para estimar las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) generadas en la subcategoría Agrícola en Durango, Dgo. México durante el periodo 2005 - 2008, empleando la metodología propuesta y validada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) versión 1996. Este estudio, contribuye a la elaboración del Plan Estatal de Acciones ante el Cambio Climático, que permitirá establecer las políticas estatales en Durango México para mitigar los efectos del cambio climático y planear acciones de adaptación a las condiciones ambientales futuras. Las emisiones totales de la subcategoría agrícola en Gg de  $\text{CO}_2$  eq. promedio anual fueron de 186.371 para el periodo 2005 - 2008, con 0.172 Gg de  $\text{CO}_2$  eq. de metano y 186.1 Gg de  $\text{CO}_2$  eq. de óxido nitroso. La cantidad de GEI emitidos por la agricultura en el Estado de Durango, contrario a lo que esperaba, se origina principalmente del manejo del estiércol más que del uso de fertilizantes.

**PALABRAS CLAVE:** GEI, metano, óxido nitroso,  $\text{CO}_2$

**ABSTRACT** An inventory of greenhouse gas emissions (GHG) was elaborated in order to estimate the emissions of methane ( $\text{CH}_4$ ) and nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) generated Durango, Dgo. Mexico during the period 2005-2008. The inventory was developed by using the proposed methodology by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its 1996 version. This study contributes to the elaboration of the Durango State Actions Plan on Climate Change, which will allow to establish the State policies to mitigate the effects of climate changes and plan actions of adaptation to future environmental conditions. The total emissions of the Agricultural subcategory in Gg of  $\text{CO}_2$  eq. were 186,371 in an annual average for the 2005 - 2008 period, with 0.172 Gg of  $\text{CO}_2$  eq. of methane and 186.1 Gg of  $\text{CO}_2$  eq. of nitrous oxide. This amount of GHG emitted by Agriculture in the Durango State it was no expected and it was mainly determined by the management of manure rather than the use of fertilizers.

**KEYWORDS:** GHG, methane, nitrous oxide,  $\text{CO}_2$

## INTRODUCCIÓN

La vida en la tierra está adaptada a una serie de condiciones ambientales que están interrelacionadas. Uno de los aspectos relevantes es la temperatura global, que depende en buena medida del efecto invernadero que ocurre de manera natural en los gases de la atmósfera de la tierra. Los gases de efecto invernadero (GEI) contribuyen al aumento de la temperatura de la tierra al interactuar con la energía solar [1].

Así, cerca de la mitad de la luz que llega a la atmósfera del planeta pasa a través del aire y las nubes para llegar a la superficie donde se absorbe y luego se emite hacia el espacio en forma de ondas infrarrojas (calor); de este calor, el 90% es absorbido por los gases de efecto invernadero [1].

Las emisiones de GEI debidas a las actividades agrícolas en el Estado de Durango, México no se habían estimado anteriormente, por lo cual se elaboró el inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Durango para el periodo 2005-2008, en el cual obtuvieron los valores estimados expresados en Gg de CO<sub>2</sub> eq. para las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) ocasionadas por dichas actividades agrícolas. Los cálculos obtenidos en este inventario de GEI a nivel estatal, sirven de base para el cálculo nacional al sumarse a las estimaciones de las demás entidades. El inventario también sirve de base para el seguimiento periódico a las emisiones de GEI en este sector productivo, así como de conocimiento de la situación actual para enfocar las medidas y políticas que permitan dar cumplimiento al compromiso internacional de México de bajar en 50% las emisiones actuales de GEI.

Para la estimación de las emisiones de GEI se utilizó la metodología y el software del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, por ser el organismo internacional que norma la forma en que deben realizar los cálculos de las emisiones de los diferentes gases liberadas a la atmósfera y que inciden en el cambio climático [2]. Pues, aunque existe una versión más reciente liberada por el IPCC, no se dispone de información oficial suficiente para utilizar esa metodología.

Aunque ya se realizó en el 2008 un cálculo de un inventario de emisiones para el estado de Durango [3], el inventario presentado aquí es la primera aproximación a nivel estatal de estimaciones con una base metodológica internacional, que cuantifica los GEI que las actividades agrícolas emiten al ambiente.

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. Se entiende al clima como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de espacio y tiempo. El clima mundial ha evolucionado siempre de forma natural, pero pruebas convincentes obtenidas en todo el mundo revelan que se ha puesto en marcha un nuevo tipo de cambio climático, que podría tener repercusiones drásticas sobre las personas, su economía y los ecosistemas.

Los niveles de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera han aumentado vertiginosamente durante la era industrial debido a actividades humanas como la deforestación o el fuerte consumo de combustibles fósiles, estimuladas por el crecimiento económico y demográfico. Si los niveles de GEI ascienden demasiado, el consiguiente aumento global de la temperatura del aire – calentamiento mundial – podría perturbar las pautas naturales del clima [4].

El cambio climático no se refiere únicamente a las variaciones del clima, no son solo cambios de temperatura en los que aumenta o disminuye el calor o el frío en un tiempo determinado; se trata más bien de un proceso de calentamiento de la Tierra, que es producido básicamente por las actividades que realizan los seres humanos [4]. Con el aumento de la población, se incrementa asimismo la producción de gases de efecto invernadero por efecto de las actividades humanas, estos gases se quedan en la atmósfera y retienen el calor que emite la tierra hacia el espacio después de haber sido calentada por la radiación solar.

El problema atribuible al cambio climático radica en que, a diferencia de los ciclos regulares de las glaciaciones o de las estaciones, muchas formas de variabilidad natural de muy baja frecuencia del sistema climático, no son fáciles de diferenciar del cambio climático de origen antropogénico.

El cambio climático es un problema de naturaleza global, sus impactos mayores serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial [5]. En este sentido, se define al cambio climático como 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 comparables.

Por la naturaleza global del cambio climático, con el fin de examinar las investigaciones científicas sobre los problemas climáticos, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido en 1988 conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y de formular estrategias de respuesta realistas [4]. Con ese fin en 1992 se organizó y llevó a cabo un tratado internacional llamado Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC ó UNFCCC por sus siglas en inglés) para comenzar a considerar qué se puede hacer para reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a las subidas de la temperatura que serán inevitables. En 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kyoto, que cuenta con medidas más enérgicas, y jurídicamente vinculantes.

Dentro de las acciones que se proponen para reducir el efecto antropogénico sobre el calentamiento glo-

bal a través de la generación de cada vez mayores cantidades en las emisiones de GEI, se pretende disminuir precisamente esas emisiones. Para poder lograr lo anterior es necesario cuantificar las emisiones reales de cada país, con el fin de tener un punto de partida que permita establecer acciones más pertinentes.

De acuerdo a cifras reportadas para el 2003 por la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) con base en el balance nacional de energía México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles, con un total de 374.25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> o el 1.5% de las emisiones globales [6]. Sin embargo, en los últimos cinco años, México se presenta como un país que recién se integra a un nivel de desarrollo humano alto; sin embargo, su nivel de ingreso y de emisiones per cápita guarda más parecido con países cuyo nivel de desarrollo humano es medio. Con base en los datos del Índice de Desarrollo Humano para 2006 y a las estimaciones de la IEA, México se ubica en el lugar 51 del mundo en términos de desarrollo humano, en el lugar 55 en ingreso per cápita y en el puesto 63 en emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por quema de combustibles fósiles.

Para México es de gran utilidad para dilucidar cuál es nuestra contribución al problema del cambio climático, comprender los impactos pasados y futuros provocados por este fenómeno en el país, y hacer un recuento de las principales acciones que se han tomado en los últimos años y una evaluación de las opciones de respuesta que se tienen a la mano para mitigar las causas del problema y adaptarse a sus consecuencias [7]. Un primer paso obligado, es levantar un inventario, lo más detallado posible de las emisiones de GEI tanto a nivel nación como a nivel estatal, por lo cual se han elaborado ya, en ese sentido, cuatro comunicaciones nacionales de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Ante el Cambio Climático en las que se incluye información de los inventarios nacionales de emisiones GEI estimadas de los años 1990-2002 y 2006.

Las 32 entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos, han iniciado los trabajos de elaboración de inventarios de GEI y PEACC con la coordinación del INECC y la metodología del IPCC y se encuentran en diferentes etapas de desarrollo, aunque como mínima acción se han realizado trabajos relativos al desarrollo y fortalecimiento de capacidades.

En el estado de Durango, se abordó la necesidad de establecer medidas que disminuyan el impacto que las actividades humanas ocasionan al ambiente en el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2010 (PED) bajo el concepto de desarrollo ordenado y sustentable de los recursos naturales en el Estado de Durango, enfatiza la necesidad de conservar y más aún de incrementar

los recursos naturales con que cuenta la entidad. Bajo esta premisa se entiende que el desarrollo deberá incluir acciones que disminuyan el impacto ecológico que puede sufrir el medioambiente, en la búsqueda de la mejora de la calidad de vida de la población. En este sentido el Gobierno del Estado de Durango en coordinación con la SEMARNAT, integró como antecedentes para el cuidado del medioambiente la elaboración del primer inventario de emisiones a la atmósfera en el Estado de Durango elaborado por un despacho de asesoría técnica [3] y posteriormente a principios de 2010 el propio Gobierno del Estado de Durango, promovió la integración de un grupo técnico multidisciplinario para establecer el PEACC el cual se está desarrollando con recursos Federales y Estatales, y considera como primera etapa la elaboración del inventario de emisiones de GEI.

En el PED 2011-2016, se establece la necesidad de inducir el establecimiento de políticas públicas para la operación del Programa Estatal de Acciones ante el Cambio Climático, para lograr esto se está trabajando en la propuesta de la iniciativa de la Ley Estatal de Cambio Climático.

El levantamiento de un inventario de emisiones de GEI, es la base para poder establecer planes y políticas tendientes a plantear y apoyar acciones de adaptación a escenarios de producción bajo los efectos de cambio climático, las cuales permitan con una base de sustentabilidad mantener un crecimiento en el bienestar de la población.

Este estudio se realizó para determinar las emisiones de GEI de la subcategoría Agrícola en la categoría Agricultura del IPCC para el estado de Durango, con el fin de contribuir al cálculo nacional de estos gases que contribuyen en gran medida al calentamiento global.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El inventario de emisiones de GEI se realizó con base en la metodología del IPCC [2] y el software del propio versión 1996.

Con el fin de empatar los cálculos a publicar en el inventario estatal de GEI, se utilizó la información del periodo 2005-2008. Las emisiones de óxido nitroso y metano, que en ese orden son los principales gases emitidos en la agricultura, se obtuvieron a partir de la información sobre los cultivos Avena, Maíz, Sorgo, Trigo y Frijol [8], que son los principales cultivos para la zona de estudio. Sin embargo, para estimar las emisiones de óxido nitroso de los suelos fue necesario incorporar información relativa a los cultivos fijadores y no fijadores de nitrógeno, los fertilizantes nitrogenados y los desechos del ganado.

Las emisiones de metano provenientes de la agricultura, principalmente ocasionadas por la descomposición

de los residuos de cosecha, se estimaron mediante la definición de un factor obtenido a partir del registro de la superficie agrícola que tiene en sus prácticas la quema controlada de los residuos publicada por el INEGI- 2007 [9] y se aplicó a la superficie de cada cultivo particular para obtener así la superficie quemada por cultivo por año.

**RESULTADOS**

Los cultivos con mayor superficie sembrada en el estado de Durango son el frijol y el maíz, aunque se incluyeron también datos de la avena, sorgo y trigo por ser cultivos de los cuales se pueden disponer o estimar los factores de emisión para el cálculo de GEI. Estos cultivos en promedio son el 68.57% del total de la superficie estatal agrícola que se sembró en la entidad en el periodo 2005 – 2008.

Los datos de producción en Gg por cultivo que se muestran en el Cuadro 1, fueron los utilizados en el software del IPCC para hacer el cálculo de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

El periodo evaluado fue determinado con base en la recomendación del Instituto Nacional de Ecología (ahora INECC), con el fin de ser utilizado como insumo para la elaboración de las comunicaciones nacionales de México ante las Naciones Unidas.

*Cuadro 1. Producción de los cultivos seleccionados para el cálculo de emisiones de GEI durante el periodo 2005-2008 en Durango*

Cultivo	Resumen estatal	2005	2006	2007	2008
Avena	Superficie Sembrada (ha)	2,211	3,126	9,467	13,595
	Superficie Cosechada (ha)	2,211	3,126	8,754	11,427
	Producción (Gg)	8.3	13.81	19.23	13.82
Frijol	Superficie Sembrada (ha)	249,3	244,1	223,4	224,548
	Superficie Cosechada (ha)	74	22	55	
	Superficie Cosechada (ha)	181,2	243,4	202,1	214,854
	Producción (Gg)	63	34	75	.18
Maíz	Superficie Sembrada (ha)	175,6	191,3	205,5	189,837
	Superficie Cosechada (ha)	62	38	61	
	Superficie Cosechada (ha)	92,02	188,8	167,9	174,849
	Superficie Cosechada (ha)	7	16	48	
	Producción (Gg)	255	342.2	290.3	310.88
Sorgo	Superficie Sembrada (ha)	6,245	5,109	4,478	6,711.5
	Superficie Cosechada (ha)	4,792	5,009	2,596	6,509.5
	Superficie Cosechada (ha)	12.40	14.18	5.44	18.35
	Producción (Gg)				
Trigo	Superficie Sembrada (ha)	5,629	6,630	9,901	29,335
	Superficie Cosechada (ha)	4,588	6,560	9,489	27,937
	Superficie Cosechada (ha)				
	Producción (Gg)	15.07	20.7	27.08	82.23

Fuente: SAGARPA-SIAP (2018)

El consumo promedio anual de nitrógeno estimado para el periodo 2005 – 2008 fue de 16,191.625 toneladas, lo cual para el sector Agricultura origina las mayores emisiones de GEI en forma de óxido nitroso.

Las emisiones totales en Gg de CO<sub>2</sub> eq. fueron 186.4 promedio anual del periodo evaluado que representa el 0.4% de las emisiones de la subcategoría agrícola a nivel nacional, en la cual se reportan valores de 45,301.2 para N<sub>2</sub>O en los cultivos excepto arroz y 52.6 de CH<sub>4</sub> producto de la quema de residuos agrícolas para el año 2008 [10]. La aportación relativamente pequeña del Estado de Durango a las emisiones nacionales de GEI en la subcategoría agrícola se debe básicamente a que la principal vocación productiva estatal no la agricultura, sino producción forestal y ganadería.

Las emisiones anuales de metano en promedio durante el periodo de 2005 – 2008 fueron de 0.172 Gg de CO<sub>2</sub> eq., originadas particularmente por la descomposición de los residuos agrícolas de los cultivos seleccionados (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los publicados por Martínez en el 2016 [11], pues los cálculos aquí presentados, tal como se especificó anteriormente, sirvieron como base para la elaboración del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI) y del Programa Estatal de ante el Cambio Climático de Durango (PEAC-Durango 2013-2016)[12].

Las emisiones de N<sub>2</sub>O en promedio durante el periodo de 2005 al 2008 fueron de 186.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq. que representan el 99.9% de las emisiones de gas de efecto invernadero en la subcategoría Agrícola (Cuadro 2).

Se observó que el 99.97% de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. del óxido nitroso producido de manera indirecta por manejo de excretas del ganado y de la lixiviación de los fertilizantes. El restante 0.03% se estima proviene de los residuos de los cultivos (Cuadro 2).

*Cuadro 2. Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) de la Subcategoría Agrícola en Gg de CO<sub>2</sub> eq. en Durango*

Gas de Efecto Invernadero	2005	2006	2007	2008
CH <sub>4</sub>	0.118	0.220	0.157	0.191
%	0.064	0.12	0.085	0.099
N <sub>2</sub> O	183.706	183.185	184.955	192.420
%	99.936	99.88	99.915	99.901
<b>Total</b>	<b>183.936</b>	<b>183.563</b>	<b>185.244</b>	<b>192.742</b>

Es posible que el incremento observado en las emisiones de GEI por las actividades agrícolas en los años 2007-2008 se deba al acceso de los productores a los programas de apoyo para compra de fertilizantes, y no a un mejor manejo de la nutrición de los cultivos.

En este primer inventario estatal, no fue posible utilizar la versión 2006 del IPCC, dado que no se dispone de información oficial completa y al nivel de detalle que requiere el software de dicha versión.

## CONCLUSIONES

Las emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Durango de la subcategoría agricultura son elevadas de acuerdo a lo reportado en los inventarios nacionales, lo cual indica que es necesario establecer lineamientos estandarizados para la generación de datos de cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados en la agricultura. Además, es necesario realizar investigaciones para determinar factores de emisión para los cultivos producidos en el Estado.

Las diferencias que se observan en el inventario estatal con los inventarios nacionales, posiblemente también se deban a la diferencia en los cultivos prioritarios por entidad.

## BIBLIOGRAFÍA

[1]. INECC. (2018). *Gases y compuestos de efecto invernadero*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>.

[2]. IPCC. (1996). "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996; Reporting Instructions (Volume 1, 2 y 3).

[3]. Tejeda, LeBlanc & Cía., S.C. (2008). *Inventario de Emisiones a la Atmósfera en el Estado de Durango*. SEMARNAT. 52p.

[4]. CMNUCC. (2007). *Unidos por el clima. Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto*. Convención Marco de las Naciones Unidas. [http://unfccc.int/resource/docs/publications/unitingonclimate\\_spa.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/publications/unitingonclimate_spa.pdf).

[5]. Magaña R. V. O. (2004). *El cambio climático global: comprender el problema*. En: *Cambio climático: una visión desde México*. Martínez, J. y A. Fernández B. (comps.). SEMARNAT-INE. México.

[6]. INE-SEMARNAT. (2006). *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de

*Media Ambiente y Recursos Naturales*. D.F. México. 254 p.

[7]. INE-SEMARNAT (2009). *México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Media Ambiente y Recursos Naturales. D.F. México. 274 p.

[8]. SAGARPA-SIAP. [2018]. *Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. Base de Datos actualizada periodo 2004-2008*. Información en línea. <https://www.gob.mx/siap>.

[9]. INEGI (2007). *El Sector Alimentario en México. Serie de Estadísticas Sectoriales*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

[10] SEMARNAT. (2009). *México. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

[11]. Martínez, P., M.A. *Estimación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el estado de Durango*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol. 15, No. 2 (2016) 575-601*.

[12]. Gobierno del Estado de Durango. (2014). *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Durango*. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Durango. Domingo 27 de Julio de 2014.