

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
SECRETARÍA DE AMBIENTE

Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero. Sector Agricultura

Año 2011

2014

AUTOR: JUAN CARLOS BACA

Contenido

1	Antecedentes	3
2	Introducción.....	5
2.1	Situación de los sistemas agropecuarios en el DMQ	7
3	Objetivos	9
3.1	Objetivo general.....	9
3.2	Objetivos específicos	10
4	Metodología.....	10
4.1	Marco Metodológico.....	10
4.2	Información utilizada	15
4.3	Software de cálculo.....	19
5	Resultados de las Emisiones GEI Sector Agricultura del DMQ, año base 2011	19
5.1	Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ, año base 2011	19
5.2	Emisiones GEI Subsector Ganado Doméstico DMQ, año base 2011	20
5.3	Emisiones GEI Subsector Quemados de Residuos Agrícolas DMQ, año base 2011.....	22
5.4	Emisiones GEI Subsector Suelos Agrícolas DMQ, año base 2011.....	23
5.5	Emisiones de GEI en el Sector Agricultura, ton CO ₂ eq. Año 2011	25
6	Análisis de las variaciones de las emisiones GEI en el Sector Desperdicios, 2003-2011... 26	
6.1	Variaciones en las emisiones totales del Sector Agricultura, 2003, 2007 y 2011	26
6.2	Tendencias en el crecimiento de las emisiones del Sector Agricultura, a nivel DMQ, nacional e internacional	27
7	Conclusiones y recomendaciones.....	29
7.1	Conclusiones obtenidas en base a los objetivos planteados	29
7.2	Conclusiones generales	30
7.3	Recomendaciones.....	31
	Bibliografía	32

1 Antecedentes

El efecto invernadero es un fenómeno natural que mantiene la tierra a una temperatura adecuada para soportar la vida. Este efecto es causado por los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros). Estos gases se encuentran en la atmósfera y retienen parte de la radiación solar que entra y genera calor dentro del planeta. Naturalmente, parte de esta radiación se escapa al espacio. Sin embargo, debido al aumento de las concentraciones de estos gases en la atmósfera se ha producido a escala planetaria un fenómeno conocido como calentamiento global. El calentamiento global está alterando el clima a nivel global y aún son inciertos los cambios que se van a dar en el clima; el conjunto de variaciones climáticas asociadas al calentamiento global se lo conoce como cambio climático.

La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático (IPCC, 2007c)

Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004.

El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004.

Los aumentos de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso del suelo.

El aumento de la concentración de N₂O procede principalmente de la agricultura (IPCC, 2007a)

Con un grado de confianza muy alto se puede concluir que el efecto neto del aumento de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura a escala global. La mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado en las concentraciones de GEI antropógenos. Es probable que se haya experimentado un calentamiento apreciable en los últimos cincuenta años (IPCC, 2007c)

Es difícil pronosticar los efectos del cambio climático, aunque los científicos advierten de probables impactos tales como: el derretimiento de los glaciares, estiajes prolongados, inundaciones, aumento en los incendios, entre otros impactos. Los países en vías de desarrollo como el Ecuador y aquellos países que están ubicados en zonas tropicales, a pesar de que se caracterizan por concentrar la mayor diversidad biológica del planeta, poseen un alto índice de pobreza, lo que los convierte en países mucho más vulnerables frente al cambio climático.

En base a lo indicado, se puede concluir que el cambio climático es un fenómeno mundial originado por el aumento de gases de efecto invernadero (GEI), debido al uso de combustibles fósiles, la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, entre otros. En el 2009 Ecuador declaró como Política de Estado la adopción de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático.

Dentro de este contexto, la Secretaría de Ambiente del DMQ, en su calidad de ente rector ambiental distrital, determinó la necesidad de contratar la consultoría “INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DMQ 2011, INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO DMQ 2011, Y ACTUALIZACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL DMQ”, cuyo objetivo principal es la obtención de información e indicadores clave para la gestión ambiental.

El 4 de noviembre del 2013 se firmó el contrato para la realización de la consultoría “INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DMQ 2011, INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO DMQ 2011, Y ACTUALIZACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL DMQ”, la cual tiene una duración de 270 días. Este estudio permitirá obtener información clave, así como desarrollar indicadores adecuados para la medición de los objetivos planteados en la Agenda Ambiental de Quito. La consultoría se compone de 5 productos, los cuales se detallan a continuación:

1. **Producto 1:** Plan de Trabajo, a los 7 días de iniciado el estudio
2. **Producto 2:** Inventario de Emisiones GEI 2011, a los 4 meses (120 días)
3. **Producto 3:** Inventario de Emisiones Contaminantes Criterio 2011, a los 7 meses (210 días)
4. **Producto 4:** Actualización de la Huella Ecológica del DMQ, a los 7 meses (210 días)
5. **Producto 5:** Documentos finales de sistematización, a los 9 meses (270 días)

El Producto 1 fue entregado el 7 de noviembre del 2013 y aprobado mediante memorando por parte del Administrador de Contrato. El Plan de Trabajo contiene los detalles sobre los contenidos, la metodología de cálculo, el alcance, el cronograma de trabajo y las actividades a realizarse para la entrega de los productos 2-5 de la consultoría. El Producto 2 “Inventario de Emisiones GEI 2011” incluye las siguientes actividades:

- Recopilación de información y cálculo de las emisiones GEI para los sectores 1.Energía, 2.Procesos Industriales, 3.Agricultura, 4.USCUSS y5. Desechos
- **Elaboración y entrega de cinco (5) informes sectoriales GEI**
- Cálculo de las emisiones totales GEI, en base a los resultados de las emisiones sectoriales

- Elaboración y entrega del informe de publicación del Inventario GEI 2011
- Talleres de capacitación para técnicos de la Secretaría de Ambiente sobre Software IPCC, metodología de cálculo e información utilizada para cinco (5) inventarios sectoriales GEI
- Socialización de los resultados del Inventario GEI 2011, a través de un taller con técnicos de la Secretaría de Ambiente

Bajo este antecedente, el presente documento se enmarca dentro de la actividad “Elaboración y entrega de cinco (5) informes sectoriales GEI” y constituye la versión final del *Inventario de Emisiones GEI DMQ 2011, Sector Agricultura*. Este estudio incluye los siguientes contenidos: estudios preliminares, metodología de cálculo, fuentes de información utilizadas, resultados de las emisiones de GEI, comparación con resultados anteriores, conclusiones y recomendaciones. Dichos contenidos se desarrollarán en detalle a lo largo del documento y permitirán cuantificar el estado de las emisiones GEI para el conjunto del DMQ

2 Introducción

El Inventario de Emisiones GEI DMQ 2011, Sector Agricultura¹, se enfoca en la cuantificación de las emisiones totales de GEI procedentes de los procesos agropecuarios en el Distrito Metropolitano de Quito, para el año base 2011. De acuerdo a las Directrices del IPCC, las emisiones totales del sector agricultura se componen de cinco categorías: ganado doméstico; cultivo de arroz; quema de sabanas; quema en el campo de residuos agrícolas; suelos agrícolas. Para el caso del DMQ no se considerará en los cálculos la categoría “cultivo de arroz”, puesto que no existe este tipo de cultivos dentro de su territorio.

A nivel mundial el sector agricultura representa un porcentaje de alrededor del 10-12% respecto al total de las emisiones de GEI, lo cual equivale a un rango entre 5,1 a 6,1 Gton CO₂eq. Sin embargo, el sector agricultura genera alrededor del 60% de las emisiones de N₂O y 50% de las emisiones de CH₄ (IPCC, 2007b). Dentro del sector agricultura, las mayores contribuciones provienen de las emisiones de N₂O de suelos agrícolas y las emisiones de CH₄ asociadas a la fermentación entérica, las cuales constituyen el 70% de las emisiones totales de GEI diferentes al CO₂ en el sector agrícola. Por otro lado, entre 1990 y 2005 las emisiones totales de CH₄ y N₂O aumentaron cerca del 17%, con una tasa de crecimiento anual de alrededor de 60 Mton CO₂eq (cerca de 1 Gton CO₂eq para todo el periodo).

A nivel internacional se han observado grandes divergencias entre las emisiones GEI agrícolas de distintos países, lo cual está relacionado con el carácter preminentemente industrial o agrícola de sus respectivas economías. Mientras que en el periodo 1990-2005 las emisiones de agricultura aumentaron en un 32% en los países no-Anexo I

¹ De acuerdo a las categorías del IPCC, el Sector Agricultura incluye tanto los sistemas agrícolas como pecuarios

(países en vías de desarrollo), en los países desarrollados se observó una disminución de las emisiones GEI diferentes al CO₂ de un 12% (IPCC, 2007b). Además de esto, de acuerdo a los datos del año 2005 alrededor del 65-70% de las emisiones totales del sector agrícola a nivel mundial corresponden a países en vías de desarrollo. Esto refleja la importancia del sector agrícola de los países en vías de desarrollo, dentro del contexto global de políticas de mitigación de emisiones.

A nivel nacional la situación del sector agrícola muestra un comportamiento similar a lo observado en otros países en vías de desarrollo, en los cuales la agricultura tiene un rol muy importante dentro de su sistema económico. De acuerdo a los cálculos realizados para el año base 2006, el aporte del sector agricultura en el Ecuador alcanzó un valor de alrededor del 50% de las emisiones totales GEI contabilizadas, lo cual convierte al sector agricultura en el principal contribuyente a las emisiones totales GEI del país. De las emisiones totales los subsectores con mayor contribución fueron: suelos agrícolas (>90%) y fermentación entérica (aprox. 3%). Por otro lado, en el periodo 1990-2006 se observó un aumento de las emisiones GEI del sector agrícola del 31,8%, pasando de 159.445,80 kton CO₂eq a 210.108,82 kton CO₂eq (MAE, 2011)

En el caso del DMQ se cuenta con estudios detallados acerca de la situación del sector Agricultura en el conjunto de las emisiones de GEI de la ciudad. En el año 2011 se publicaron los Inventarios de Emisiones para el DMQ, año base 2003 y 2007. De acuerdo a los últimos resultados obtenidos, las emisiones del sector Agricultura alcanzan un 45% del total generado en el DMQ al año 2007 (MDMQ, 2011b), lo cual coincide con los porcentajes observados a nivel nacional. Esto posiciona al Sector Agricultura como el de mayor aporte a las emisiones GEI en el DMQ, por lo cual resulta fundamental establecer de manera detallada los subsectores de mayor contribución y las posibles medidas de mitigación asociadas.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados de los Inventarios GEI 2003 y 2007 se observa una tendencia creciente en las emisiones del sector Agricultura. Entre los años 2003 y 2007 se observó un crecimiento de alrededor del 16% en las emisiones totales de este sector. Se trata de un crecimiento de las emisiones con un rango similar a lo observado a nivel nacional. Este incremento está relacionado principalmente con el aumento en la utilización de fertilizantes nitrogenados, una mayor producción ganadera y la extensión de la frontera agrícola.

A nivel de los subsectores de las emisiones GEI Agricultura, el mayor porcentaje corresponde al subsector suelos agrícolas, con el 96.4% de las emisiones totales, seguido del subsector fermentación entérica (2,2%). Los otros subsectores representan menos del 2% de las emisiones GEI totales. Estos resultados reflejan la importancia vital del manejo de suelos agrícolas, los cuales dependen de distintos factores como: utilización de fertilizantes nitrogenados, manejo de los residuos de animales domésticos, procesos de manejo del suelo, etc.

2.1 Situación de los sistemas agropecuarios en el DMQ

Para entender el considerable aporte del sector agrícola en las emisiones totales GEI del DMQ, es necesario contar con una visión general acerca de la importancia de los sistemas agropecuarios dentro de los sistemas productivos existentes en la ciudad. Para esto es necesario diferenciar entre los sectores urbanos y rurales del DMQ. De acuerdo a los últimos datos disponibles, el 72% de la población de la ciudad está concentrada en las zonas urbanas, mientras que el 28% se encuentra en las zonas rurales. Sin embargo, la zona urbana ocupa menos del 6% del territorio total del DMQ (MDMQ, 2012). Esto muestra una importante concentración poblacional en el centro urbano, lo que influye en las dinámicas de la ciudad y sus habitantes.

El DMQ y sus dinámicas productivas deben ser entendidas desde la dualidad urbano-rural. En la zona urbana del DMQ las 3 principales actividades económicas son: Comercio, Industrias Manufactureras y Construcción. Estas 3 ramas constituyen alrededor del 40% del total de las actividades económicas de la población urbana. Mientras tanto, en el sector rural la tercera rama de actividad es la de “Agricultura, ganadería, Silvicultura y Pesca”, con el 10,35% del total de ocupación. En el sector urbano esta rama de actividad apenas constituye el 1,08% del total, lo que ratifica las divergencias entre campo y ciudad dentro del DMQ (Pinto, 2013)

De acuerdo a los datos de ocupación profesional en las zonas rurales del DMQ, se evidencia la importancia del sector agropecuario en el conjunto de la ciudad. Esto se ratifica a través de la distribución de las áreas cultivadas dentro del territorio del Distrito. De acuerdo a estudios de la Secretaría de Ambiente, el 20,54% del territorio del DMQ (87.112 ha) corresponde a áreas cultivadas. El total de este espacio se divide en cultivos (8,65%) y pastos (11,89%), los cuales se utilizan principalmente para la ganadería (MDMQ, 2011a).

Tabla 1. Resumen datos mapa cobertura vegetal, DMQ 2009, niveles I y II

NIVEL I	Superficie	%	NIVEL II	Superficie	%
Categoría	ha		Clase	ha	
01 Vegetación natural	256407,0	60,46	01 Bosques húmedos	124595,1	29,38
			02 Bosques secos	721,7	0,17
			03 Arbustos húmedos	46524,8	10,97
			04 Arbustos secos	36689,7	8,65
			05 Herbazales húmedos	45210,8	10,66
			06 Herbazales secos	2664,9	0,63
02 Áreas seminaturales	50298,2	11,86	07 Vegetación en regeneración natural	41031,2	9,68
			08 Vegetación cultivada latifoliadas	7743,1	1,83
			09 Vegetación cultivada coníferas	1524,0	0,36
03 Áreas cultivadas	87111,7	20,54	10 Cultivos	36686,7	8,65
			11 Pastos	50425,0	11,89
04 Espacios abiertos	4756,8	1,12	12 Suelos desnudos	2546,7	0,60
			13 Suelos desnudos de origen antropogénico	2210,1	0,52
05 Áreas artificiales	24732,3	5,83	14 Infraestructura	24732,3	5,83

06 Cuerpos de agua	755,9	0,18	15 Agua en cauces naturales	689,3	0,16
			16 Agua en cauces artificiales	66,7	0,02
TOTAL	424061,9	100,0			

Fuente: (MDMQ, 2011a). Elaboración propia

De la misma manera, en los últimos 20 años se ha evidenciado un importante avance de la frontera agrícola en el DMQ. De manera paralela a la expansión urbana que ha evidenciado la ciudad, los espacios cultivados se han extendido hacia territorios que anteriormente correspondían a vegetación natural. La Tabla 1 presenta un resumen de las hectáreas de bosque que se convirtieron en cultivos, para el periodo 1986-2009

Tabla 2. Superficie de cambio de bosques a cultivos, DMQ 1986-2009

CAMBIO BOSQUES A AREAS CULTIVADAS			
AÑOS	HAS		
	AREA CULTIVOS	CULTIVOS	PASTOS
	100%	40%	60%
1986	3355,0	1342,1	2013,0
1996	7724,8	3089,9	4634,9
2001	6380,1	2552,0	3828,1
2009	8031,2	3212,5	4818,7

Fuente: (MDMQ, 2011b). Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 2, el área total de cultivos ha ido reemplazando paulatinamente a zonas donde anteriormente se encontraban bosques. Para el último año de análisis el cambio de bosques a cultivos alcanzó las 8031,2 ha. Considerando que el total de las áreas cultivadas en el DMQ alcanza las 87,112 ha, se puede afirmar que casi el 10% de las mismas corresponde a zonas naturales transformadas para la agricultura. Esto revela que las zonas agrícolas se están alejando de las zonas urbanas para ocupar zonas rurales, generando una competencia por el territorio con las áreas naturales, lo cual representa una mayor presión para el medio ambiente.

Por otro lado, dentro del sistema agropecuario del DMQ los rubros más importantes corresponden a la ganadería de carne y leche y la avicultura. Además de esto, la agricultura del DMQ juega un rol fundamental para la satisfacción de la demanda interna de alimentos básicos, como maíz suave, fréjol, hortalizas y frutas de clima subtropical y templado. Parte de la producción agrícola del DMQ está destinada a sectores industriales como el de alimentos y bebidas, los cuales tienen una importancia alta dentro de las actividades económicas de la ciudad (MDMQ, 2011b)

Dentro de los cultivos destinados a la alimentación, se destacan el maíz, el fréjol, la papa, la caña, la cebada, las hortalizas y los frutales de clima subtropical y templado. En casos como el de la caña de azúcar se observa una tendencia al monocultivo, lo cual tiene repercusiones sobre los sistemas de manejo agrícola, los modelos de producción y

la soberanía alimentaria del Distrito. A continuación se presenta un resumen de los principales cultivos existentes en el DMQ, de acuerdo a estudios realizados con un enfoque productivo (Agroprecisión, 2013).

Tabla 3. Principales cultivos del DMQ (valores en ha)

NIVEL II				NIVEL III				NIVEL IV		
10	Cultivos	18.305,24	4,76%	20	Cultivos ciclo corto	9.828,97	2,55%	20	Alfalfa	248,3
								21	Cebada	169,7
								22	Cebolla-Ajo	1.029,55
								23	Haba	1,36
								24	Maíz -fréjol	3.479,73
								25	Hortalizas	204,65
								26	Papa	4.313,80
				27	Cereales	381,89				
				21	Cultivos semipermanentes y permanentes	7.868,91	2,04%	28	Caña de azúcar	6.173,05
								29	Flores	171,12
								30	Frutales	1.301,61
								31	Palmito	195,93
32	Plátano	27,21								

Fuente: (Agroprecisión, 2013). Elaboración propia

En términos generales, al ser el sector agricultura el de mayor contribución a las emisiones de N₂O del DMQ, el análisis de sus emisiones es sumamente importante para la autoridad ambiental de la ciudad, puesto que la variación en los sistemas de producción agropecuaria puede generar avances significativos en el cumplimiento de sus objetivos de mitigación. Además de esto, el sector agropecuario es de suma importancia para la ciudad, tanto desde una perspectiva económica-productiva, como desde el enfoque ambiental y de soberanía alimentaria. El presente estudio permitirá obtener información actualizada acerca del estado de las emisiones del sector agrícola en su conjunto, así como analizar de manera detallada los subsectores más contaminantes y las posibles medidas de mitigación.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar el Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el sector Agricultura del Distrito Metropolitano de Quito año base 2011, siguiendo la metodología del IPCC, versión revisada 1996.

3.2 Objetivos específicos

Cuantificar el aporte de los distintos subsectores del sector Agricultura a nivel de emisiones de Gases del Efecto Invernadero del Distrito Metropolitano de Quito, año base 2011

Contar con datos cuantitativos que permitan comparar los niveles de Emisión de Gases del Efecto Invernadero del Sector Agricultura en el Distrito Metropolitano de Quito, frente a las tendencias existentes a nivel nacional e internacional

Analizar las tendencias temporales de Emisiones de Gases del Efecto Invernadero del Sector Agricultura en el Distrito Metropolitano de Quito, a través de la comparación de los resultados del año 2011 frente a los años 2003 y 2007.

4 Metodología

4.1 Marco Metodológico

Por acuerdo de los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la metodología de cálculo para Inventarios Nacionales GEI deberá responder a investigaciones y metodologías que promueva y apruebe la Conferencia de las Partes (ONU, 1992). Siguiendo estos acuerdos, el Grupo de Trabajo I del IPCC, a partir del año 1991, estuvo a cargo del desarrollo de una metodología unificada para el cálculo de Inventarios GEI. Como resultado de este trabajo se obtuvieron las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada de 1996”, mismas que fueron aprobadas y constituyen la guía para el desarrollo de Inventarios GEI para todos los países miembros de la convención.

Así, y de acuerdo a lo planteado en el Plan de Trabajo para el desarrollo de la consultoría “INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DMQ 2011, INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO DMQ 2011, Y ACTUALIZACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL DMQ”, la metodología de cálculo a ser empleada en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero será la descrita en las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada de 1996. Libro de Trabajo (Volumen 2)”, que establece inventarios parciales en los siguientes sectores: a) Energía, b) Procesos Industriales, c) Agricultura, d) Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), y e) Desperdicios (IPCC, 1997)

Dentro de la metodología de cálculo del IPCC se considera la cuantificación de GEI directos e indirectos. Los GEI directos² son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Los GEI indirectos considerados son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), halocarburos (HFC, PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), y dióxido de azufre (SO₂).

En el caso del Sector Agricultura, la metodología del IPCC considera el cálculo de las emisiones de 5 subsectores: ganado doméstico; cultivo de arroz (no aplica para el DMQ); quema de sabanas; quema en el campo de residuos agrícolas; suelos agrícolas. Para cada uno de estos subsectores los cálculos se los realizó en base al Nivel de Análisis 1 (Tier 1) el cual permite obtener las emisiones asociadas a desperdicios para un año específico. A continuación se detallará los cálculos y los GEI estimados para cada uno de estos subsectores:

Ganado doméstico:

El ganado doméstico genera emisiones de los GEI CH₄ y N₂O. Las emisiones de CH₄ se componen de: 1) fermentación entérica y 2) manejo del estiércol. Las emisiones de CH₄ correspondientes a la fermentación entérica se calculan siguiendo los siguientes pasos:

- Estimación del número total de animales domésticos, según las categorías definidas por el IPCC (caballos, ganado bovino, ovejas, pollos, etc).
- Cálculo de las emisiones anuales de CH₄, a través de la aplicación de factores de emisión para cada tipo de animal doméstico

La ecuación de cálculo es la siguiente:

Ecuación 1:

$$E_{fermentación} = \frac{\sum NA_i \cdot FEF_i}{1000000}$$

Dónde:

$E_{fermentación}$: Emisiones de metano asociadas a la fermentación entérica (Gg CH₄)

NA_i : Número de animales domésticos de la categoría i (cabezas)

FEF_i : Factor de Emisión de Fermentación entérica para la categoría i (kg CH₄/cabeza)

Las emisiones de CH₄ del manejo de estiércol del ganado doméstico se calculan de la siguiente manera:

² Los GEI directos son aquellos que tienen largo tiempo de residencia en la atmósfera, alto potencial de calentamiento global y son importantes fuentes directas e indirectas de emisiones en actividades humanas; mientras que los GEI indirectos presentan las características contrarias a las presentadas en los GEI directos.

- Estimación del número total de animales domésticos, según las categorías definidas por el IPCC (caballos, ganado bovino, ovejas, pollos, etc).
- Cálculo de las emisiones anuales de CH₄, a través de la aplicación de factores de emisión para cada tipo de animal doméstico

Ecuación 2:

$$E_{estiércol} = \frac{\sum NA_i \cdot FEE_i}{1000000}$$

Dónde:

E_{estiércol}: Emisiones de metano asociadas al manejo del estiércol (Gg CH₄)

NA_i: Número de animales domésticos de la categoría i (cabezas)

FEE_i: Factor de Emisión de manejo del estiércol para la categoría i (kg CH₄/cabeza)

Las emisiones de N₂O del ganado doméstico provienen del manejo del estiércol. Para realizar esta estimación se requiere completar los siguientes pasos:

- Definición de los tipos de manejo del estiércol existentes en el DMQ, según categoría de animal doméstico
- Estimación del porcentaje de estiércol, según categoría de animal, que es manejado según cada tipo de sistema de manejo
- Cálculo de la cantidad de Nitrógeno excretado por cada sistema de manejo, aplicando factores de emisión
- Cálculo de las emisiones totales de N₂O

La ecuación utilizada en el cálculo es la siguiente:

Ecuación 3:

$$E_{estiércol} = \frac{(\sum Nex_i \cdot NA_i \cdot SME_{ij}) \cdot FE3_j}{1000000}$$

Dónde:

E_{estiércol}: Emisiones de óxido nitroso asociadas al manejo del estiércol (Gg N₂O)

NA_i: Número de animales domésticos de la categoría i (cabezas)

Nex_i: excreción de nitrógeno según tipo de animal i (kg N/cabeza)

SME_{ij}: Porcentaje de nitrógeno de estiércol, producido por el sistema de manejo j para el tipo de animal i (fracción)

FE3j: Factor de emisión de óxido nitroso en el estiércol, según tipo de manejo j
(kg N₂O/kg N)

*Quema de sabanas (páramos)*³:

Para el año 2011 no se calculó este subsector, puesto que no se registraron incendios en las áreas de páramo. Sin embargo, en términos generales la metodología de cálculo de emisiones para este subsector consta de los siguientes pasos:

- Estimación de las hectáreas totales quemadas de vegetación paramuna (kha)
- Cálculo del carbono total liberado, a través de la utilización de diversos factores de conversión
- Cálculo de las emisiones GEI CH₄, CO, N₂O y NO_x, a través de sus correspondientes factores de emisión

Para el cálculo de quema de sabanas se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4:

$$E_{quemai} = (A \cdot DB \cdot FQ \cdot FV \cdot FCv \cdot FOv + A \cdot DB \cdot FQ \cdot FM \cdot FCm \cdot FOm) \cdot FE_i$$

Dónde:

E_{quemai}: Emisiones de las quemas de páramo para el gas i (Gg)

A: Área de páramos quemados (kha)

DB: Densidad aérea de la biomasa (ton/ha)

FQ: fracción de la biomasa que realmente se quema (fracción)

FV: Fracción viva de la biomasa (fracción)

FM: Fracción muerta de la biomasa (fracción)

FCv: Fracción de carbono de la biomasa viva (fracción C)

FCm: Fracción de carbono de la biomasa muerta (fracción C)

FOv: Fracción de oxidación de la biomasa viva (fracción)

FOm: Fracción de oxidación de la biomasa muerta (fracción)

FE_i: Factor emisión del gas i (Gg / Gg C)

³ En el DMQ no existen sabanas. Sin embargo, se ha adaptado la metodología para calcular las emisiones asociadas a incendios y quemas de páramo

Quema en el campo de residuos agrícolas:

La metodología de cálculo es similar a la de quema de sabanas. Se aplican los siguientes pasos:

- Estimación anual de la producción de cultivos
- Cálculo del carbono total liberado, a través de la utilización de diversos factores de conversión
- Cálculo de las emisiones GEI CH₄, CO, N₂O y NO_x, a través de sus correspondientes factores de emisión

La ecuación utilizada en el cálculo es la siguiente:

Ecuación 4:

$$E_{residuosj} = \left(\sum P_i \cdot RES_i \cdot MS_i \cdot FQC_i \cdot FO_i \cdot FC_i \right) \cdot FE_j$$

Dónde:

$E_{residuosj}$: Emisiones de las quemas de residuos agrícolas para el gas j (Gg)

P_i : Producción total del cultivo i (Gg)

RES_i : Fracción de residuos del cultivo i (fracción)

MS_i : Fracción de materia seca de los residuos del cultivo i (fracción)

FQC_i : Fracción de los residuos del cultivo i que se quema en el campo (fracción)

FO_i : Fracción de oxidación de la quema de los residuos del cultivo i (fracción)

FC_i : Fracción de carbono de los residuos del cultivo i (fracción C)

FE_j : Factor emisión del gas j (Gg / Gg C)

Suelos agrícolas:

Las emisiones de N₂O generadas por suelos agrícolas se componen de tres componentes principales: emisiones directas (utilización de nitrógeno para la fertilización de los suelos), emisiones de los animales domésticos (manejo del estiércol en praderas y pastizales) y emisiones indirectas (volatilización y lixiviación del nitrógeno en los suelos). Para el cálculo de las emisiones directas se debe seguir los siguientes pasos:

- Estimación de la cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados para suelos agrícolas.
- Estimación de la cantidad de nitrógeno depositado en los suelos por el manejo de estiércol de animales domésticos

- Cálculo de las emisiones directas de N₂O, a través de la aplicación de factores de emisión

Las emisiones de pastoreo de animales domésticos se calculan en base a:

- Estimación de la cantidad de nitrógeno depositado en los suelos por el manejo de estiércol de los animales domésticos, bajo el sistema de praderas y pastizales
- Cálculo de las emisiones de N₂O asociadas al pastoreo de animales domésticos, mediante la aplicación del factor de emisión correspondiente

Finalmente, para el cálculo de las emisiones indirectas se repiten los pasos aplicados en las emisiones directas, pero se utilizan distintos factores de emisión. A manera de resumen, a continuación se presenta la ecuación de cálculo de emisiones N₂O de suelos agrícolas

Ecuación 5:

$$E_{suelos} = N2O_{directas} + N2O_{animales} + N2O_{indirectas}$$

Donde:

E_{suelos} : Emisiones de las suelos agrícolas (Gg N₂O)

$N2O_{directas}$: Emisiones directas de las suelos agrícolas (Gg N₂O)

$N2O_{animales}$: Emisiones de suelos agrícolas asociadas a los animales domésticos (Gg N₂O)

$N2O_{indirectas}$: Emisiones indirectas de las suelos agrícolas (Gg N₂O)

4.2 Información utilizada

De acuerdo a las ecuaciones presentadas en la sección anterior, los principales datos requeridos para el cálculo de las emisiones de GEI del Sector Agricultura son: número total de animales domésticos (ganado bovino, ovejas, cerdos, pollo, etc.), superficie total de páramo quemado, producción de principales cultivos del DMQ, cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados y diversos factores de emisión.

Los factores de emisión provienen del Libro de Trabajo del Sector Agricultura de las Directrices del IPCC, mientras que el resto de datos provienen de estudios realizados a nivel nacional, provincial o local. En términos generales existe una incertidumbre alta respecto a los datos de agricultura, debido a que no existen censos agropecuarios actualizados y existen pocos estudios a escala local. Las principales fuentes de información para la elaboración del Inventario de Emisiones GEI del DMQ Sector Agricultura son las siguientes:

- INEC: Datos sobre número de animales y rendimiento de principales cultivos
- Agrocalidad: Número de cabezas de ganado bovino
- Secretaría de Ambiente: Mapa de cultivos/ Información sobre incendios y quemas
- BCE: Información sobre importación de fertilizantes nitrogenados

Los datos del INEC no presentan un buen nivel de detalle, ya que su nivel de desagregación es únicamente provincial, no cantonal, y, por otro lado, están basados en encuestas (el último censo agropecuario se realizó en el año 2000). Mientras tanto, la información de Agrocalidad y Secretaría de Ambiente presentan un alto nivel de confiabilidad, debido a que se trata de datos específicos para el DMQ. La información del BCE se presenta para las importaciones totales del Ecuador, por lo cual existe una incertidumbre alta respecto a los resultados. El archivo de respaldo “*fuentes_datos_agricultura.xlsx*” presenta de manera detallada los datos utilizados en el cálculo del Inventario, así como las fuentes de las cuales provienen y los factores de conversión utilizados. Además de esto, a continuación se presenta una matriz resumen, en la cual se describen las fuentes de información principales, el tipo de procesamiento realizado y la forma de presentación de los resultados.

Matriz Resumen. Fuentes de Información utilizadas, Inventario GEI DMQ Sector Agricultura

Subsector	Tipo de información	Fuente de Información	Espacialidad de la información	Tratamiento de la información
Ganado doméstico	Número de animales domésticos (cabezas)	INEC / MAGAP / Agrocalidad	Datos a nivel Pichincha / DMQ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los datos del INEC de número de animales son transformados de escala provincial a cantonal a través de las bases de datos del censo agrícola del 2000. En el caso de los datos de ganado bovino no se requiere de esta transformación, puesto que Agrocalidad cuenta con datos para el DMQ 2. Se realiza una categorización de los cálculos, de acuerdo al tipo de animal doméstico y al sistema de manejo del estiércol 3. Se aplican los factores de emisión y conversión para obtener el resultado final (emisiones en Gg)
	Factores de Emisión varios (FEF, FEE, Nex, FE3)	IPCC	Datos a nivel nacional	
Quema de páramos	Superficie total de páramos quemados (kha)	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se obtienen los datos de superficie quemada de páramos, para el año de análisis 2. Se aplican los factores de emisión y conversión para obtener el resultado final (emisiones en Gg)
	Factores de Emisión y conversión varios (DB, FQ, FV, FM, FC, FO, FE)	IPCC	Datos a nivel nacional	
Quema de residuos agrícolas	Rendimiento de los cultivos (ton/ha)	INEC	Datos a nivel Pichincha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se calcula el rendimiento de los principales cultivos, en base a los datos de producción y superficie cultivada en la provincia de Pichincha (INEC) 2. Se multiplica el rendimiento de los cultivos por la superficie total cultivada (DMQ), para obtener la producción de los principales cultivos en el DMQ 3. Se aplican los factores de emisión y conversión para obtener el resultado final (emisiones en Gg)
	Superficie total de principales cultivos (ha)	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ	
	Factores de Emisión y conversión varios (RES, MS, FQC, FO, FC, FE)	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ	

Inventario de Emisiones GEI DMQ, Sector Agricultura

Suelos agrícolas	Número de animales domésticos (cabezas)	INEC / MAGAP / Agrocalidad	Datos a nivel Pichincha / DMQ	<p>1. En base a los cálculos de ganado doméstico se obtienen datos sobre la cantidad de nitrógeno generado por el sistema de manejo de estiércol praderas y pastizales</p> <p>2. En base a los datos de importaciones de fertilizantes del BCE, se estima la cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados en el DMQ para el año 2011, en base a los datos del 2007 y 2003</p> <p>3. En base a los mapas de la Secretaría de Ambiente se analiza la cantidad de cultivos en suelos orgánicos (histosoles). En el caso del DMQ este valor es 0.</p> <p>4. Se aplican los factores de emisión y conversión para obtener las emisiones de N₂O directas, indirectas y de ganado asociadas a suelos agrícolas</p>
	Cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados (kg)	BCE / Secretaría de Ambiente	Datos a nivel nacional	
	Cultivos en histosoles (Gg)	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ	
	Factores de Emisión y conversión varios	IPCC	Datos a nivel nacional	

Elaboración propia

Esta matriz permite observar las interacciones existentes entre las distintas fuentes de información utilizadas en el presente inventario sectorial. Para el Sector Agricultura se realizaron varias transformaciones para obtener datos a nivel cantonal, por lo cual se podría afirmar que existe un nivel de confiabilidad medio en cuanto a los resultados obtenidos. Resulta indispensable para el DMQ realizar estudios sobre número de animales existentes en la ciudad, así como prácticas agrícolas relacionadas con la quema de residuos y utilización de fertilizantes nitrogenados.

4.3 Software de cálculo

De acuerdo a la decisión 17/CP.8, se recomienda a los países no Anexo 1 de la Convención sobre Cambio Climático (entre los que se encuentra Ecuador) incluir dentro de sus inventarios nacionales los resultados de las tablas sectoriales, hojas de trabajo y seguir de manera detallada las Guía de Trabajo Revisadas IPCC 1996 para todos los cálculos a realizarse (UNFCCC, 2007). Para facilitar este objetivo, la UNFCCC ha desarrollado un software que permite calcular de manera sistemática las Emisiones de GEI, para cada uno de los sectores contemplados en los Inventarios Nacionales. Se trata de un software desarrollado en ambiente Excel, que permite ingresar la información base y los factores de emisión y calcula de manera automática los resultados, de acuerdo a la metodología de cálculo.

El software “UNFCCC non-Annex I Greenhouse Gas Inventory Software” ha sido utilizado en el cálculo del Inventario GEI Sector Agricultura del DMQ, año base 2011. Las matrices finales de cálculo pueden encontrarse en el archivo de respaldo “*prueba_agricultura2011.xlsx*”. Además de esto, el Documento “Guía de Cálculo, Inventarios Sectoriales GEI” presenta una guía paso a paso acerca de la forma en que deben ser completadas las matrices de cálculo, así como los datos que deben ingresarse y los campos que no deben ser modificados. Mediante esta guía de cálculo se busca generar capacidades internas dentro de la Secretaría de Ambiente y asegurar la replicabilidad del Inventario GEI en el tiempo.

5 Resultados de las Emisiones GEI Sector Agricultura del DMQ, año base 2011

5.1 Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ, año base 2011

De acuerdo a lo mencionado en secciones anteriores, dentro del Sector Agricultura se consideraron los siguientes subsectores para el cálculo de emisiones GEI: ganado doméstico, quema de residuos agrícolas y emisiones de suelos agrícolas. Para el Inventario DMQ 2011 se obtuvieron datos para los siguientes GEI: CH₄, N₂O, NO_x y CO. Las emisiones totales para el año 2011 fueron las siguientes: 6,02Gg CH₄, 1,16Gg N₂O, 0,085Gg NO_x y 1,97Gg CO. La tabla 4 detalla los resultados para cada una de las fuentes consideradas

Tabla 4. Emisiones GEI Sector Desperdicios DMQ, año base 2011

Fuente	CH ₄ en Gg/año	N ₂ O en Gg/año	NO _x en Gg/año	CO en Gg/año
Ganado doméstico	5,93	0,05	-	-
Quema residuos agrícolas	0,09	0,00	0,1	2,0
Suelos agrícolas	-	1,11	-	-
Agricultura Total	6,02	1,16	0,09	1,97

Elaboración propia

Los resultados presentados reflejan las emisiones totales de GEI directos (CH₄ y N₂O) e indirectos (NO_x y CO) generadas en el sector agricultura. Para profundizar el análisis de este sector, en las próximas secciones se detallarán las emisiones por cada subsector y se presentará un resumen sobre la distribución de las emisiones de los GEI directos.

5.2 Emisiones GEI Subsector Ganado Doméstico DMQ, año base 2011

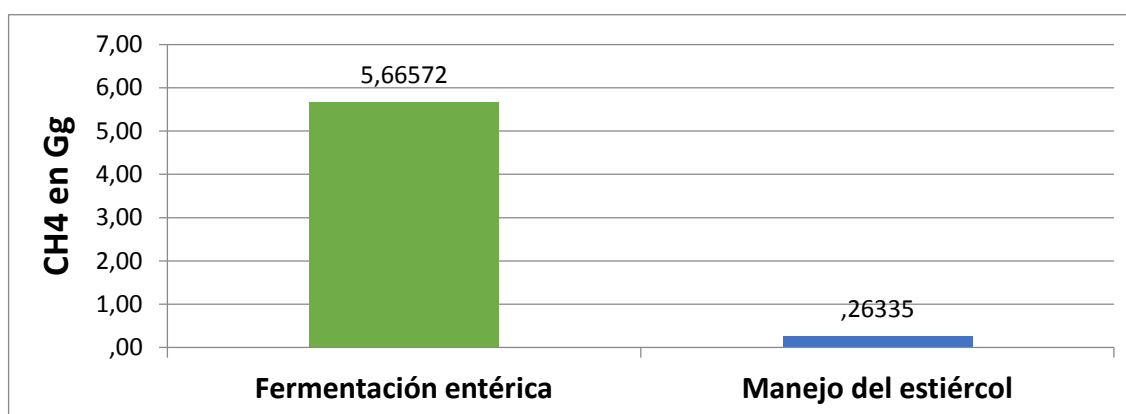
El subsector denominado ganado doméstico genera emisiones GEI en 2 categorías: fermentación entérica (CH₄) y manejo del estiércol producido por los animales (CH₄ y N₂O). La tabla 5 y el gráfico 1 presentan un detalle de las emisiones de este subsector.

Tabla 5. Emisiones GEI Ganado Doméstico DMQ, año base 2011

Fuente	CH ₄ en Gg/año	N ₂ O en Gg/año	CH ₄ en %	N ₂ O en %
Fermentación entérica	5,67	0,00	96%	0%
Manejo del estiércol	0,26	0,05	4%	100%
Ganado doméstico Total	5,93	0,05	100%	100%

Elaboración propia

Gráfico 1. Emisiones CH₄ Ganado Doméstico DMQ, año base 2011



Elaboración propia

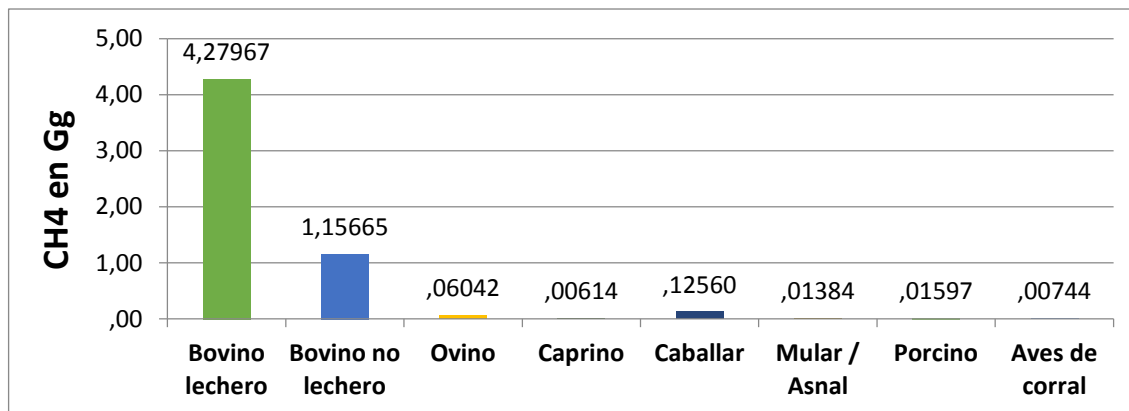
Como se puede observar, el mayor aporte a las emisiones GEI del ganado doméstico proviene de la fermentación entérica, proceso que se da de manera manifiesta en los rumiantes. Para observar de manera más detallada qué categoría de animales domésticos generan mayores emisiones, la tabla 6 y el gráfico 2 presentan un resumen con el número de animales existentes y sus correspondientes emisiones de CH₄.

Tabla 6. Emisiones CH₄ Fermentación Entérica, según tipo de animal

Tipo de ganado	Número de animales (cabezas)	Factor Emisión (kg CH ₄ /cabeza)	CH ₄ en Gg/año	CH ₄ en %
Bovino lechero	75.082	57	4,28	75,5%
Bovino no lechero	23.605	49	1,16	20,4%
Ovino	12.083	5	0,06	1,1%
Caprino	1.227	5	0,01	0,1%
Caballar	6.978	18	0,13	2,2%
Mular / Asnal	1.384	10	0,01	0,2%
Porcino	15.966	1	0,02	0,3%
Aves de corral	7.437.027	0,001	0,01	0,1%
Total	7.573.352		5,67	100,0%

Elaboración propia

Gráfico 2. Emisiones CH₄ Fermentación Entérica, según tipo de animal



Elaboración propia

De acuerdo a los datos presentados, el mayor número de animales domésticos corresponde a las aves de corral. Sin embargo, alrededor del 96% de las emisiones totales proviene del ganado bovino (lechero y no lechero). Esto está relacionado con el proceso de fermentación entérico que se genera entre los rumiantes. Dentro de este tipo de animales, el ganado bovino es el que tiene los mayores niveles de emisión. Mientras que el factor de emisión de este tipo de animales alcanza valores de 49 y 57 kg CH₄/cabeza, el siguiente tipo de ganado con mayores factores de emisión es el caballar, con 18 kg CH₄/cabeza (menos de la mitad). Esto demuestra la importancia vital del

manejo adecuado del ganado bovino en el contexto de la reducción de emisiones generadas por el sector pecuario.

Por otro lado, las emisiones asociadas al manejo del estiércol están principalmente determinadas por la cantidad de animales existentes. La tabla 7 presenta un resumen para dicha fuente de emisión

Tabla 7. Emisiones CH₄ Manejo Estiércol, según tipo de animal

Tipo de ganado	Número de animales (cabezas)	Factor Emisión (kg CH₄/cabeza)	CH₄ en Gg/año	CH₄ en %
Bovino lechero	75.082	1	0,08	28,5%
Bovino no lechero	23.605	1	0,02	9,0%
Ovino	12.083	0	0,00	0,7%
Caprino	1.227	0	0,00	0,1%
Caballar	6.978	2	0,01	4,3%
Mular / Asnal	1.384	1	0,00	0,5%
Porcino	15.966	1	0,02	6,1%
Aves de corral	7.437.027	0,018	0,13	50,8%
Total	7.573.352		0,26	100,0%

Elaboración propia

De acuerdo a los cálculos realizados, el 50,8% de las emisiones corresponde a las aves de corral, mientras que el 37,5% proviene del ganado bovino (lechero y no lechero). Si bien las emisiones de CH₄ provenientes del manejo del estiércol alcanzan únicamente el 4% del total del sector ganado doméstico, es importante establecer qué grupo de animales presenta un mayor aporte.

Los datos presentados permiten determinar un alto impacto de las aves corral, debido a una intensiva actividad avícola en el DMQ. De acuerdo a estadísticas recopiladas para el presente inventario, alrededor del 93% del total de aves de corral existentes en Pichincha se encuentran en el DMQ (INEC, 2000). Por esta razón resulta necesario analizar de manera responsable los sistemas de manejo más adecuado para granjas avícolas, así como para los espacios destinados a actividades ganaderas lecheras y no lecheras.

5.3 Emisiones GEI Subsector Quemas de Residuos Agrícolas DMQ, año base 2011

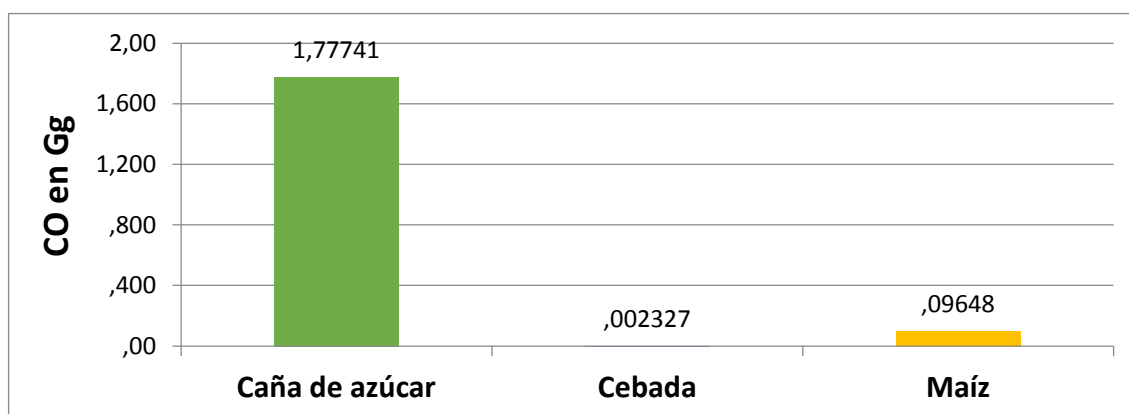
La Quema de Residuos Agrícolas genera emisiones GEI directas e indirectas. El nivel de las emisiones depende principalmente de la cantidad de producción de los cultivos, la generación de residuos y las prácticas de quemas existentes. Bajo estas consideraciones se seleccionaron únicamente 3 tipos de cultivos para el cálculo: caña de azúcar, cebada y maíz. La tabla 8 y el Gráfico 3 presentan los resultados para los cultivos considerados:

Tabla 8. Emisiones GEI quema de cultivos, según tipo de cultivo

Tipo de Cultivo	Superficie cultivada (kha)	Producción (Gg)	CH ₄ en Gg/año	N ₂ O en Gg/año	NO _x en Gg/año	CO en Gg/año	CO en %
Caña de azúcar	6173,1	529,3	0,08	0,0021	0,08	1,78	94,7%
Cebada	169,7	0,2	0,0001	0,0000	0,0001	0,002	0,1%
Maíz	3479,7	4,3	0,005	0,0002	0,01	0,10	5,1%
Total	9822,5		0,09	0,0022	0,081	1,88	100,0%

Elaboración propia

Gráfico 3. Emisiones CO quema de cultivos, según tipo de cultivo



Elaboración propia

Las emisiones provienen principalmente de la quema de caña de azúcar (alrededor del 94%), seguidas por las emisiones provenientes de la quema de maíz (5,1%). La caña de azúcar es el principal cultivo del DMQ, con una producción total de 529,3 Gg. Además, este cultivo genera una gran cantidad de residuos, los cuales son en su mayoría quemados en el campo. Por esta razón se debería analizar el impacto ambiental que tienen los cultivos de caña de azúcar para el DMQ, no únicamente desde una perspectiva de mitigación de emisiones GEI, sino desde aspectos que conllevan un enfoque más amplio, como soberanía y seguridad alimentaria, diversificación de la producción agrícola o afectaciones a los suelos. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la gran mayoría de los cultivos de caña de azúcar del DMQ se encuentran en la zona noroccidental, la cual se caracteriza por su riquísima biodiversidad y la fragilidad de sus ecosistemas. Para la Secretaría de Ambiente resultaría importante realizar investigaciones respecto al impacto de estos cultivos sobre el patrimonio natural del DMQ.

5.4 Emisiones GEI Subsector Suelos Agrícolas DMQ, año base 2011

Las emisiones de los suelos agrícolas son el principal aporte del GEI N₂O asociado al sector agropecuario. Las emisiones se dividen en: emisiones directas (fertilizantes nitrogenados y estiércol), emisiones ocasionadas por el pastoreo de animales y

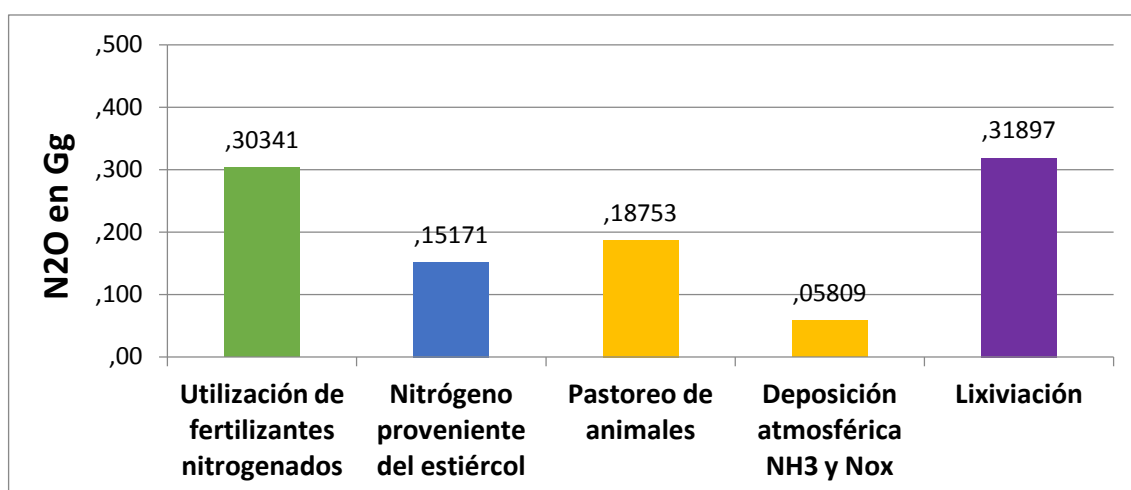
emisiones indirectas (deposición atmosférica NH₃ y NO_x y lixiviación). A continuación se presentan los resultados para este subsector

Tabla 9. Emisiones N₂O Suelos Agrícolas

Fuente	N ₂ O en Gg/año	N ₂ O en %
Utilización de fertilizantes nitrogenados	0,30	29,8%
Nitrógeno proveniente del estiércol	0,15	14,9%
Pastoreo de animales	0,19	18,4%
Deposición atmosférica NH ₃ y Nox	0,06	5,7%
Lixiviación	0,32	3,3%
Total	1,02	100,0%

Elaboración propia

Gráfico 3. Emisiones N₂O Suelos Agrícolas



Elaboración propia

De acuerdo a los resultados presentados, la utilización de fertilizantes nitrogenados y la lixiviación son las fuentes de mayor contribución a las emisiones de los suelos agrícolas (29,8 y 31,3% respectivamente). Las emisiones por lixiviación, así como las emisiones por deposición atmosférica de NH₃ y NO_x, son emisiones indirectas de procesos físicos y químicos relacionados con la utilización de fertilizantes nitrogenados y la generación de estiércol por parte de animales domésticos. Bajo estas consideraciones, y de acuerdo al análisis realizado, se observó que alrededor del 54% de las emisiones totales de N₂O de suelos agrícolas corresponden a la utilización de fertilizantes nitrogenados en los cultivos agrícolas (emisiones indirectas y emisiones directas)

Los fertilizantes nitrogenados se utilizan para aumentar los rendimientos de los cultivos. De acuerdo a estudios de la FAO, dependiendo del tipo de fertilizante utilizado, el

rendimiento de los cultivos puede duplicarse o hasta triplicarse (FAO, 2002). Sin embargo, la sobreutilización de fertilizantes nitrogenados genera efectos no deseados, como es la emisión de N₂O. Por esta razón resulta fundamental generar procesos integrales de manejo agrícola dentro del DMQ, los cuales permitan no sólo asegurar una productividad agrícola alta, sino evitar impactos sobre el medio ambiente y sobre los mismos suelos.

5.5 Emisiones de GEI en el Sector Agricultura, ton CO₂eq. Año 2011

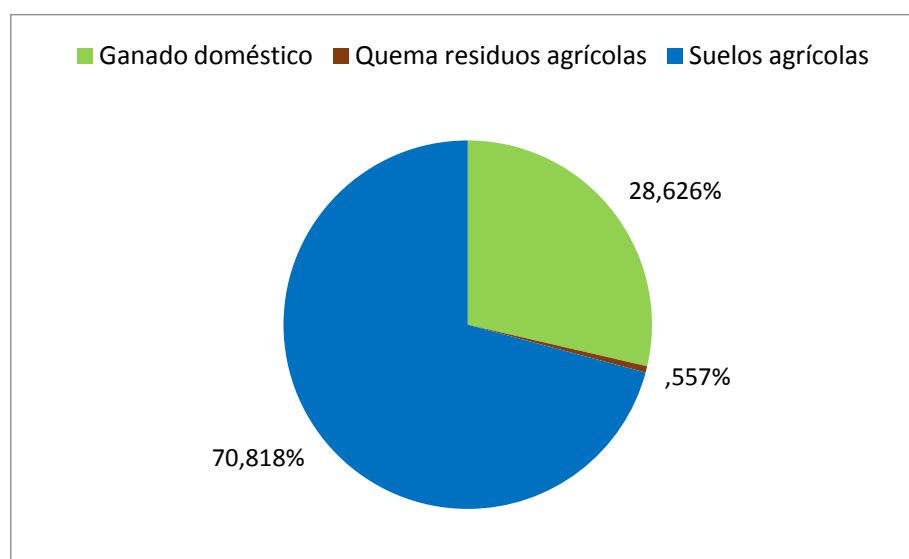
Una vez realizado un análisis exhaustivo acerca de las emisiones del Sector Agricultura, a continuación se presenta un resumen sobre las emisiones GEI para cada uno de los sectores incluidos en el cálculo, utilizando la medida ton CO₂eq. Esto permite comparar de manera absoluta el aporte de cada subsector a las emisiones totales GEI del Sector Agricultura.

Tabla 10. Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ, año base 2011 (ton CO₂eq)

Fuente	CH4 (ton CO ₂ eq)	N ₂ O (ton CO ₂ eq)	Total GEI (ton CO ₂ eq)	Total GEI (%)
Ganado doméstico	124.510,4	14.536,7	139.047,2	28,6%
Quema residuos agrícolas	1.971,5	732,0	2.703,5	0,6%
Suelos agrícolas	-	343.991,8	343.991,8	70,8%
Agricultura Total	126.481,9	359.260,6	485.742,4	100,0%

Elaboración propia

Gráfico 4. Aporte Subsectores emisiones totales GEI Agricultura, DMQ 2011⁴



Elaboración propia

⁴ En este análisis no se incluyen los resultados de GEI indirectos. Sin embargo, desde el enfoque de mitigación de emisiones, los GEI indirectos representan un valor insignificante frente a los GEI directos

De acuerdo a las estimaciones realizadas, el 70,8% de las emisiones GEI del Sector agricultura provienen de los suelos agrícolas. El ganado doméstico aporta con el 28,6% de las emisiones y las quemas de residuos representan menos del 1%. Tomando en cuenta estos resultados, resulta evidente que las estrategias de mitigación deben enfocarse, por un lado, al mejoramiento de procesos de fertilización de los suelos, con el objetivo de reducir paulatinamente la utilización de fertilizantes nitrogenados (causantes de más del 50% de las emisiones de los suelos agrícolas). Por otro lado, es importante realizar un monitoreo continuo sobre el sector pecuario y sus prácticas de manejo de los residuos. En este aspecto es especialmente importante el seguimiento del ganado bovino, el cual es responsable de más del 96% de las emisiones de CH₄, debido a los procesos de fermentación entérica. Así mismo, resulta importante generar estrategias de mitigación de las emisiones asociadas a la generación de estiércol, lo cual se puede alcanzar a través de una optimización de los programas de manejo.

Finalmente, es importante resaltar la necesidad de contar con información de mejor calidad para el sector agricultura, especialmente en temas como: número de animales domésticos, rendimiento de los cultivos, sistemas de manejo del estiércol más utilizados en el DMQ, utilización de fertilizantes nitrogenados. Estos datos permitirán alcanzar estimaciones más cercanas a la realidad y establecer políticas de mitigación de acuerdo a las necesidades de la ciudad.

6 Análisis de las variaciones de las emisiones GEI en el Sector Desperdicios, 2003-2011

Como se ha explicado anteriormente, la Secretaría de Ambiente ha desarrollado previamente los Inventarios de Emisiones GEI para el DMQ, años base 2003 y 2007. Una vez que se cuenta con resultados para el año 2011 resulta importante observar las variaciones (incremento o disminución) en las emisiones que se han generado durante este periodo, para de esta manera contar con información acerca de los posibles escenarios que la ciudad tendrá a futuro, respecto a sus niveles de emisión. Esta información resulta clave para la adopción de políticas públicas encaminadas a la reducción y el control de emisiones en el Sector Agricultura. Este análisis se lo realizará para las emisiones totales GEI, cuantificadas en ton CO₂eq, lo cual permitirá observar de manera precisa las tendencias observadas durante este periodo.

6.1 Variaciones en las emisiones totales del Sector Agricultura, 2003, 2007 y 2011

Al analizar los resultados de los inventarios 2003 y 2007, se observó que hubo un error en el cálculo de las emisiones de N₂O. Por esta razón, para poder analizar de manera efectiva las tendencias en las emisiones del sector agricultura, se realizó una corrección en los cálculos y se obtuvieron nuevos valores para dichos inventarios⁵. Se han utilizado

⁵ La corrección fue realizada en los cálculos relacionados con manejo del estiércol de animales domésticos. Este cambio en el cálculo afecta a las emisiones de ganado doméstico y las emisiones de suelos agrícolas

únicamente los datos correspondientes a los años 2007 y 2011 para el análisis. Una vez incorporados estos cambios, se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 11).

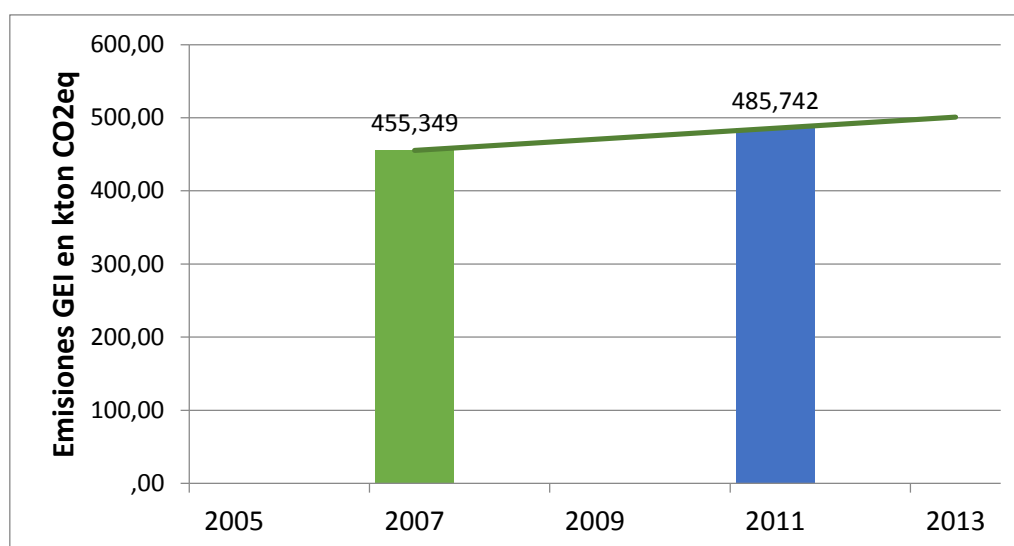
Tabla 11. Comparación emisiones GEI Sector Agricultura, Inventarios 2007-2011

	Emisiones GEI kton CO₂eq	Variación frente a Inventario anterior (Gg)	Variación frente a Inventario anterior (%)
2007	455,35		
2011	485,74	30,39	6,7%

Elaboración propia

Los resultados muestran un incremento de las emisiones del 6,7% entre los años 2011 y 2007, el cual está principalmente relacionado con un aumento en la utilización de fertilizantes nitrogenados durante este periodo. Durante este periodo no se observó un aumento importante en las emisiones asociadas al ganado doméstico, lo cual ratifica la importancia de las emisiones de N₂O asociadas a los suelos agrícolas. Las emisiones de los suelos se constituyen en la principal fuente dentro del Sector Agricultura. El Gráfico 5 permite observar la tendencia en las emisiones GEI para la ciudad de Quito.

Gráfico 5. Tendencia Emisiones GEI Sector Agricultura, 2007-2011



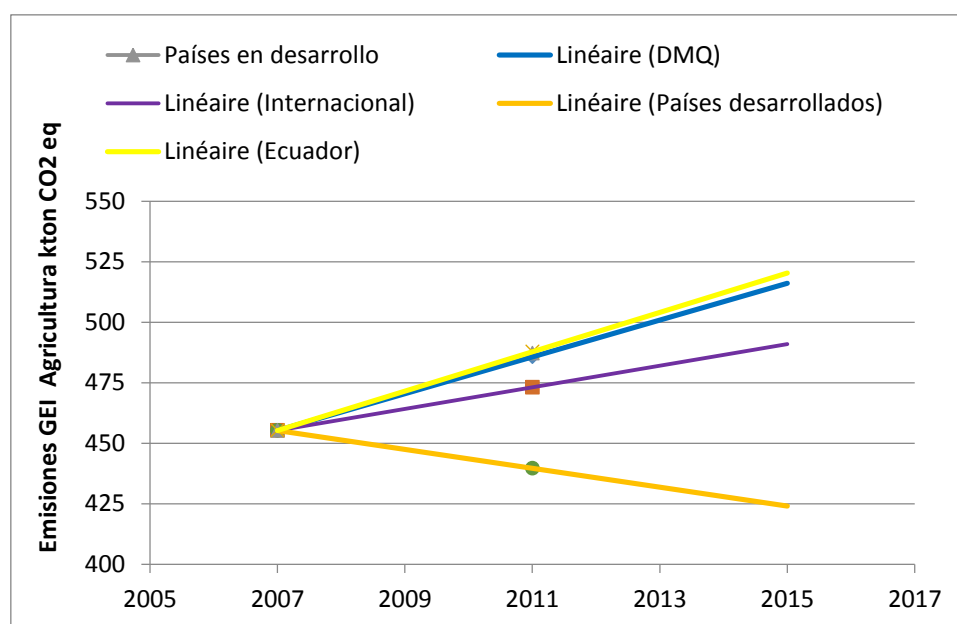
Elaboración propia

6.2 Tendencias en el crecimiento de las emisiones del Sector Agricultura, a nivel DMQ, nacional e internacional

En la sección anterior se pudo observar que existe una tendencia al aumento de las emisiones GEI del Sector Agricultura en el DMQ. Se ha determinado que esta tendencia está principalmente asociada al aumento en la utilización de fertilizantes nitrogenados dentro del DMQ. Para tener una noción más adecuada de la situación de Quito, se ha decidido comparar las tendencias observadas en el DMQ frente a los resultados registrados a nivel nacional e internacional.

Para realizar este análisis se han tomado los valores de los Inventarios 1990 y 2006, tanto a nivel nacional como internacional (MAE, 2011) (IPCC, 2007b) y se han calculado las tasas de crecimiento anual de las emisiones GEI para este periodo. A continuación se han comparado estas tasas de crecimiento frente a la tasa existente en el DMQ, para el periodo 2007-2011 (datos con mayor confiabilidad), para observar la tendencia existente en el DMQ frente a lo observado a nivel nacional e internacional. El Gráfico 6 presenta los resultados alcanzados.

Gráfico 6. Tendencias emisiones GEI Sector Desperdicios, DMQ, Ecuador, Internacional



Elaboración propia

Al analizar el gráfico se observa que la tendencia de crecimiento de GEI en DMQ en el Sector Agricultura es prácticamente igual a la del Ecuador y a la del promedio de países en vías de desarrollo (las líneas de tendencia prácticamente se superponen). Esta tendencia es superior al promedio mundial y totalmente distinta a la tendencia observada en países desarrollados, en los cuales las emisiones del sector agricultura han disminuidos durante el periodo 1990-2006.

Al observar la comparativa entre las tendencias, se puede concluir que el sistema agrícola del DMQ muestra similitudes a lo observado en otros países en vías de desarrollo, entre los que se incluye Ecuador. Existe una tendencia al aumento en las emisiones, asociado principalmente a una mayor utilización de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, así como un paulatino aumento del ganado doméstico. De manera paralela a este aumento se produce un incremento en las emisiones, ya que no se cuenta con planes de manejo integral para la mitigación de emisiones GEI en el sector agrícola. Mientras tanto, en los países desarrollados se observa un decremento

neto importante, debido a sistemas de manejo agropecuario tecnificados, que permiten controlar las emisiones GEI en el corto y mediano plazo.

Las tendencias observadas ratifican la necesidad de implementar dentro del DMQ sistemas agropecuarios que tengan un menor impacto sobre el medio ambiente en término de emisiones GEI. Esto implica un mejor manejo del estiércol, la inclusión de sistemas de agricultura orgánica que requieran de menores cantidades de fertilizantes nitrogenados y un mayor control de animales domésticos altamente generadores de emisiones, como es el caso del ganado bovino.

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones obtenidas en base a los objetivos planteados

Una vez obtenidos los resultados finales del Inventario de Emisiones, es importante determinar las principales conclusiones alcanzadas a través de la realización del estudio y el análisis de los datos obtenidos. Para esto se analizará el objetivo general y los objetivos específico presentados para el presente inventario sectorial.

Objetivo General

Desarrollar el Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el sector Agricultura del Distrito Metropolitano de Quito año base 2011, siguiendo la metodología del IPCC, versión revisada 1996.

En el presente estudio se han calculado las emisiones GEI totales del Sector Agricultura para el DMQ, año base 2011, siguiendo la metodología IPCC 1996. A continuación se presentan los resultados para los GEI considerados: CH₄ (6,02Gg); N₂O (1.16Gg); NO_x (0,085Gg); CO (1,97Gg)

Cuantificar el aporte de los distintos subsectores del sector Agricultura a nivel de emisiones de Gases del Efecto Invernadero del Distrito Metropolitano de Quito, año base 2011

Se ha obtenido información detallada acerca del aporte de cada uno de los subsectores considerados dentro de la metodología IPCC para el Sector Agricultura. Las emisiones de suelos agrícolas constituyen el subsector más importante, con el 70,8% de las emisiones, seguido por el subsector ganado doméstico, que alcanza el 28,6%. El subsector quema de residuos agrícolas resulta insignificante frente a los dos primeros (0,6% de las emisiones).

A través de estos resultados se evidencia que las políticas de reducción de emisiones del Sector Agricultura deberían focalizarse en el mejoramiento de los procesos de manejo del estiércol producido por animales domésticos y una paulatina reducción de la utilización de fertilizantes nitrogenados en los cultivos.

Contar con datos cuantitativos que permitan comparar los niveles de Emisión de Gases del Efecto Invernadero del Sector Energía en el Distrito Metropolitano de Quito, frente a las tendencias existentes a nivel nacional e internacional

A través de los datos de emisiones de GEI Sector Agricultura del DMQ, así como de la información de estudios para el Ecuador y la comunidad internacional, se ha realizado un análisis comparativo sobre las tendencias de crecimiento de las emisiones en el tiempo. Se ha determinado que las tendencias del DMQ son similares a lo observado en países en vías de desarrollo, como es el caso del Ecuador. Mientras tanto, la tendencia de crecimiento de emisiones del DMQ es superior al promedio internacional y a las tendencias en países desarrollados, en los cuales incluso se presenta una reducción en las emisiones para el periodo 1990-2005. Esto refuerza la necesidad de mejorar los procesos agropecuarios dentro del DMQ, con el objetivo de reducir paulatinamente las emisiones GEI del sector Agricultura.

Analizar las tendencias temporales de Emisiones de Gases del Efecto Invernadero del Sector Desperdicios en el Distrito Metropolitano de Quito, a través de la comparación de los resultados del año 2011 frente a los años 2003 y 2007.

Se realizó un análisis basado en los resultados del 2011 frente a lo observado en el año 2007. De acuerdo a los resultados alcanzados, en el periodo 2007-2011 las emisiones GEI del Sector Agricultura aumentaron en un 6,7%, lo cual se debe principalmente al aumento en la utilización de fertilizantes nitrogenados.

7.2 Conclusiones generales

En base a la revisión de los objetivos planteados para el presente estudio, se puede afirmar que éstos han sido cumplidos a satisfacción. A partir de este análisis las principales conclusiones alcanzadas son:

- En el DMQ la principal contribución a las emisiones GEI del Sector Agricultura proviene del subsector suelos agrícolas, seguido por el subsector ganado doméstico
- En el periodo 2007-2011 las emisiones del Sector Agricultura han aumentado en un 6,7%, lo cual es principalmente atribuible a un incremento en la utilización de fertilizantes nitrogenados.
- Las tendencias temporales de crecimiento de emisiones GEI del Sector Agricultura del DMQ son similares a lo observado a nivel nacional y en otros países en vías de desarrollo y superiores al promedio mundial y al promedio de los países desarrollados
- Para los cálculos de las emisiones GEI del Sector Agricultura existen deficiencias en la información base, tanto en el subsector ganado doméstico como en el subsector suelos agrícolas. No se cuenta con información a nivel cantonal acerca de la cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados en cultivos ni la población exacta de animales domésticos para el DMQ. Al ser éstos los

subsectores de mayor aporte al total, resulta fundamental generar investigaciones locales para aumentar la fiabilidad de los cálculos. Respecto a las quemas (tanto de residuos agrícolas como de páramos) existen dentro de la Secretaría de Ambiente datos con un alto nivel de detalle y una alta confiabilidad, por lo cual se considera que los resultados de estos subsectores es muy cercana a la realidad

- La información obtenida en base al presente inventario permitirá a la Secretaría de Ambiente contar con información clave para el seguimiento de los efectos de diversos proyectos, desde una perspectiva ambiental

7.3 Recomendaciones

Los Inventarios de Emisiones GEI locales son una importante herramienta de análisis y seguimiento para las entidades rectoras en materia ambiental, en este caso la Secretaría de Ambiente del DMQ. Por esta razón resulta fundamental contar con datos actualizados, basados en una correcta aplicación de la metodología utilizada a nivel internacional. Las principales recomendaciones para próximos estudios se detallan a continuación:

- Periodicidad adecuada en el cálculo de Inventarios de Emisiones: Actualmente el Inventario de Emisiones GEI DMQ se actualiza cada cuatro años. La Secretaría de Ambiente debería analizar si requiere resultados con un lapso temporal menor y, de ser este el caso, la viabilidad de actualizar los Inventarios de Emisiones cada 2-3 años.
- Sistematización de la información base: Un punto fundamental en el cálculo de Inventarios de Emisiones es el manejo adecuado de la información base. Por esta razón se recomienda sistematizar de manera adecuada la información utilizada en los inventarios 2003, 2007 y 2011, así como la que se utilice para próximos inventarios.
- Factores de Emisión locales: En el Ecuador no existen Factores de Emisión locales para fermentación entérica, manejo del estiércol y emisiones de los suelos agrícolas. Si bien esta no es una responsabilidad directa de la Secretaría de Ambiente, sería importante generar alianzas con instituciones como MAE y MAGAP para desarrollar investigaciones dirigidas a la obtención de dichos factores.
- Utilización de los Inventarios para evaluación de proyectos: Los Inventarios Sectoriales de Emisiones GEI deben convertirse en una herramienta de análisis de los proyectos de manejo agrícola que se implementen en la ciudad. A partir del escenario base (Inventario 2011) se pueden realizar proyecciones y plantear escenarios para analizar el impacto de proyectos en el sector agropecuarios (ej. proyectos de agricultura orgánica o sistemas tecnificados de manejo del estiércol)

Bibliografía

- Agroprecisión. 2013. Consultoría Mapa Cobertura Vegetal con enfoque productivo y ecosistémico, Fase II.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2002. *Los Fertilizantes y su Uso*. Roma, Italia: FAO.
- INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2000. Censo Nacional Agropecuario. Quito, Ecuador.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 1997. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Volumen 2 Libro de Trabajo. edited by L.G. Meira Filho J.T. Houghton, B. Lim., K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs y B.A. Callander. Bracknell, Reino Unido: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC).
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007a. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: IPCC.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007b. *Climate Change 2007 - Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Nueva York, EE.UU: Cambridge University Press
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007c. *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* Edited by Dahe Qin Susa Solomon, Martin Manning, Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda Tignor, Henry Miller and Zhenlin Chen. Nueva York, EE.UU: Cambridge University Press.
- MAE, Ministerio del Ambiente. 2011. *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Ecuador 2011*: Ministerio del Ambiente.
- MDMQ, Municipio de Quito. 2012. Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2020. edited by Hábitat y Vivienda Secretaría de Territorio. Quito, Ecuador.
- MDMQ, Secretaría de Ambiente. 2011a. *Memoria Técnica del Mapa de Cobertura Vegetal del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador.
- MDMQ, Secretaría de Ambiente -. 2011b. Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el Distrito Metropolitano de Quito. Año 2007. Quito, Ecuador: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. edited by Naciones Unidas. Nueva York, EE.UU.
- Pinto, Paola. 2013. "Las parroquias rurales de Quito y sus interrelaciones con el espacio urbano." *Questiones Urbano Regionales* no. 2:71-119.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. 2007. UNFCCC non-Annex I Greenhouse Gas Inventory Software Bonn, Alemania: UNFCCC.