

Revista Ingenierías Universidad de Medellín
ISSN: 1692-3324
revistaingenierias@udem.edu.co
Universidad de Medellín
Colombia

Echeverri Londoño, Carlos Alberto
Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería, (Córdoba, Colombia)
Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 5, núm. 9, julio-diciembre, 2006, pp. 85-96
Universidad de Medellín
Medellín, Colombia

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75050908

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Ingenierías Universidad de Medellín 5(9): 85-96 julio-diciembre de 2006

Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia)[1]

Carlos Alberto Echeverri Londoño*

Recibido: 07/06/2006
Aceptado: 28/08/2006

RESUMEN

En este trabajo se presenta la primera versión del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el año de 2005 en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). Este inventario incluye las emisiones provenientes de los vehículos automotores, los rellenos sanitarios y las fuentes biogénicas. No se tuvieron en cuenta las fuentes puntuales por ser estas muy escasas en la zona de estudio y generar contaminantes diferentes a los gases de efecto invernadero.

Los estimativos que aquí se presentan no corresponden a valores absolutos; las cifras son el producto de métodos indirectos de cálculo, que deben ser interpretados como indicadores de las cantidades realmente emitidas. Se presentan con el fin de ilustrar el orden de magnitud en que pueden estar las descargas al ambiente y las principales actividades que las producen.

Palabras clave: calentamiento global, efecto invernadero, gases de efecto invernadero, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno.

ABSTRACT

In this work, the first version of 2005´s emissions inventory of greenhouse effect gases in Montería town (Córdoba, Colombia) is reported. This inventory includes the originated emissions from automotive vehicles, sanitary fillings and biogenic sources. Point sources were not considered because these are not common in the interested zone and they generate polluting agents different from greenhouse effect gases.

The estimated values in this research were obtained by mean of indirect methods and they do not correspond to absolute values. Therefore, they are used in order to illustrate the amounts of gases that are really emitted and unloaded to atmosphere.

---

1 El presente trabajo muestra algunos de los resultados obtenidos dentro del proyecto de investigación "Elaboración del primer inventario de emisiones en la jurisdicción de la CVS y diagnóstico ambiental de la calidad acústica en el municipio de Montería" desarrollado con el apoyo de La CVS y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Medellín.

* Ingeniero Químico. Magíster en Ingeniería Ambiental. Profesor Facultad de Ingeniería Ambiental Universidad de Medellín. Dirección: Carrera 87 N° 30 - 65 Medellín. Teléfono: 340 55 34. e-mail: cecheverri@udem.edu.co

INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que las actividades asociadas al desarrollo económico, tecnológico, social, político y cultural de la humanidad están afectando el ambiente global. Una buena parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente de dióxido de carbono, son producto de las actividades humanas. La concentración de estos gases en la atmósfera está generando un calentamiento global y un cambio climático.

Los gases de efecto invernadero son gases que provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmósfera, por lo que se calientan la superficie de la Tierra y la parte inferior de la atmósfera (figura 1). Han estado presentes en la atmósfera en cantidades residuales en gran parte de la historia de la Tierra. El vapor de agua, debido a su abundancia, es el gas natural de efecto invernadero más importante. El dióxido de carbono (CO_2), el gas de efecto invernadero en segundo lugar de importancia, se agrega a la atmósfera tanto de modo natural como antropogénico. A lo largo de la historia de la Tierra lo han agregado naturalmente los volcanes, y ha sido reciclado a través de múltiples vías naturales que el carbono sigue en la naturaleza. Sin la presencia de CO_2, la temperatura en la superficie de la Tierra sería unos 33 °C inferior a la actual, lo que sería hostil a la vida. Pero el CO_2 también se agrega de modo no natural, a consecuencia de las actividades humanas comunes, principalmente por la quema de combustibles fósiles y la destrucción (hoy en día) de la selva pluvial. Por ello, es necesario distinguir entre el efecto invernadero natural y el efecto invernadero antropogénico (calentamiento global).

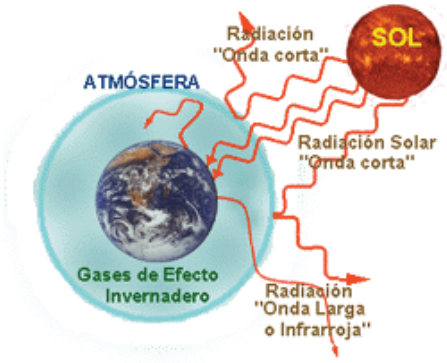


Figura 1. Funcionamiento del efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son bien conocidos en la actualidad por todos aquellos que siguen con regularidad las noticias mundiales. En la tabla 1 se enumeran, junto con sus fuentes comunes, las tasas en que aumentan en la atmósfera y sus contribuciones actuales al calentamiento global.

Tabla 1. Los gases de efecto invernadero, sus fuentes y su contribución al calentamiento global

Gas	Fuentes principales	Tasa de aumento actual y concentración	Contribución al calentamiento global (%)
Dióxido de carbono (CO_2)	Combustión de combustible fósil (77%) Deforestación (23%)	0.5% (353 ppm)	55
Clorofluorocarbonos (CFCs) y gases afines (HFCs y HCFCs)	Diversos usos industriales: refrigeradores aerosoles de espuma solventes	4% (280 ppb)	24
Metano (CH_4)	Arrozales Fermentación entérica Fugas de gas	0.9% (1.72 ppm)	15
Óxido nitroso (N_2O)	Quema de biomasa Uso de fertilizantes Combustión de combustible fósil	0.8% (310 ppmm)	6

La radiación de onda corta (radiación ultravioleta) proveniente del Sol llega parcialmente a la superficie de la Tierra y la calienta. La Tierra devuelve la radiación de onda larga (radiación infrarroja o de calor) que está reflejada parcialmente por CO_2 y otros gases. Este reflejo causa un calentamiento en la atmósfera de nuestro planeta, aumentando así las temperaturas ambientales (sin este efecto la tierra sería demasiado fría para los seres humanos). Por emisiones industriales, vehiculares y agrícolas (por ejemplo quemas), se aumenta la cantidad de CO_2 en la atmósfera por lo cual la temperatura de la tierra tiende a aumentar más y no quedarse estable. Otros gases como por ejemplo los clorofluorocarbonados (CFCs; aerosoles que dañan la capa de ozono) también contribuyen al aumento de la temperatura del planeta terrestre, pero el CO_2 constituye el gas más importante para este efecto.

Hasta el año 2050 la temperatura mediana del globo terrestre aumentará aproximadamente 2.5°C y 5.7°C hasta el año 2100, si no se reduce el crecimiento de las emisiones de CO_2 en el mundo.

Los efectos del calentamiento atmosférico son la expansión de los desiertos, el derretimiento del hielo polar, el aumento del nivel del mar (por expansión térmica y por el derretimiento del hielo polar), catástrofes climatológicas, estrés biológico y posiblemente otros efectos desconocidos hasta el momento con sus correspondientes impactos sobre el bienestar humano y la economía mundial.

De los gases de efecto invernadero, el que se emite en mayor cantidad en el mundo por actividades humanas es el CO_2. Se estima que más del 80% de la emisión mundial de gases de efecto invernadero está representada por CO_2, generando un 75% por la producción y el uso de combustibles.

La identificación de la magnitud y fuentes de emisión de gases de efecto invernadero de un país es una herramienta fundamental para la planeación de su desarrollo económico y ambiental y el cumplimiento de los compromisos adquiridos al ser parte de la Convención Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC).

ÁREA DE ESTUDIO

Montería tiene una extensión de 3,141 km^2 y está localizada en el departamento de Córdoba, al noroeste de Colombia, a 8° 45' de latitud Norte y 75° 53' de longitud Oeste. Tiene una altitud de 18 m.s.n.m, una temperatura promedio de 28° C, una humedad relativa del 85% y una precipitación media anual de 1156 mm. Es la capital del departamento de Córdoba en Colombia, desde 1951 cuando se separó territorialmente de Bolívar.

Montería es considerada una de las 13 ciudades más importantes del país, su desarrollo urbanístico de los últimos años se ha representado en progreso para la región. Esta ciudad consta de más de 400,000 habitantes, es sede de muchas universidades, centros comerciales, importantes almacenes y restaurantes de cadena.

El desarrollo económico de Montería se basa en la ganadería y en un comercio muy activo y, de hecho, es considerada la capital ganadera de Colombia, y allí se celebra cada año la feria y reinado nacional de la ganadería.

Montería presenta un gran avance en su desarrollo arquitectónico, comercial y vial. El centro de la ciudad y los principales barrios residenciales han sido pavimentados en su totalidad. El centro de la ciudad conserva edificios de tipo republicano y casonas de madera de influencia caribe. Además, mantiene el sistema de transporte en planchones a través del río Sinú, mediante cables de acero que aprovechan la fuerza de las aguas.

La actividad comercial en Montería es muy importante. Además de atender la demanda de sus propios habitantes, es el punto de encuentro de la zona rural que la rodea. Los campesinos llegan a vender sus productos (agropecuarios o artesanales) y a abastecerse de alimentos, ropa, calzado y todo lo necesario para la subsistencia diaria.

El gran aumento de su población en los últimos años ha permitido la creación de centros comerciales similares a los de las grandes capitales del

país, con el aporte de inversionistas locales y de otras regiones.

Montería tiene una decidida vocación ganadera, alentada por la fecundidad de sus tierras, que hacen parte de uno de los valles más fértiles del mundo. Principalmente se desarrolla la ganadería bovina (de leche, carne y doble propósito). El ganado Cebú tiene gran prevalencia, en cruces con razas europeas de leche, como la Holstein y Pardo Suizo. Las razas autóctonas Romosinuano y Costeño con cuernos sólo se conservan en la Granja de Turipaná, bajo la responsabilidad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). En la vecina ciudad de Cereté se ha establecido la industria avícola, con producción de carne, huevos y alimentos concentrados. El resto de especies menores, como cerdos, carneros y conejos, tienen poca importancia en el contexto general.

La agricultura se ha desarrollado con los cultivos de algodón, arroz, maíz y sorgo en gran escala. En general, el departamento de Córdoba es una de los mayores productores nacionales de acuerdo con las estadísticas del sector agrícola. Los pequeños empresarios siembran preferencialmente fríjol, maíz, ñame, yuca y plátano, como cultivos de subsistencia. La topografía de sus suelos es plana, lo que ha permitido la total mecanización. Sin embargo, se utiliza gran cantidad de mano de obra en las labores culturales y la cosecha de los cultivos.

El total de su producción agrícola es despachada a otras regiones de Colombia, ya que no se cuenta con infraestructura agroindustrial para su procesamiento.

INVENTARIO DE EMISIONES

Un inventario de emisiones es un listado actualizado y amplio de las emisiones de contaminantes atmosféricos, por fuente, de un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado (EPA, 1999). Así mismo un inventario de emisiones es el elemento base para desarrollar un programa de calidad del aire consistente y con posibilidades de establecer estrategias de reducción pertinentes, equitativas y eficaces de las emisiones producidas por la industria, el comercio, el parque automotor y las actividades agropecuarias. Adicionalmente, brinda a los responsables de la planificación en materia de calidad del aire, y también a investigadores, gerentes de industrias, funcionarios gubernamentales en el área de salud pública y promotores ambientales, una herramienta imprescindible para la evaluación y gestión de la calidad del aire que proporciona información sobre todas las fuentes de emisión, y define la ubicación, magnitud, frecuencia, duración y contribución relativa de estas emisiones; permite identificar las fuentes en las cuales deben aplicarse medidas de control; permite realizar análisis de costo-efectividad de las medidas de control y evaluar los programas de mejoramiento de la calidad del aire.

Son muchas las aplicaciones que pueden darse a los inventarios, como por ejemplo, el aporte de datos para los procesos de modelación de la calidad del aire o para las técnicas de estimación objetiva de la calidad del aire. Además, resultan imprescindibles en el seguimiento del grado de cumplimiento de los fines perseguidos, tanto en proyectos de nivel global, como los referidos a fenómenos tales como la lucha contra el cambio climático, o en programas de índole local, que se plasman en los distintos planes de gestión de la calidad ambiental.

Entre las actividades más relevantes en la emisión de gases de efecto invernadero están el uso de combustibles, los procesos de transformación en la industria, algunas actividades agrícolas y pecuarias, la disposición de residuos sólidos y la explotación de los bosques.

El uso de combustibles fósiles produce gases de efecto invernadero, pues para obtener la energía que contienen estos materiales y convertirla en vapor, electricidad y movimiento, es necesario someter los combustibles al proceso de combustión;

en este proceso los constituyentes del combustible se oxidan, liberando a la atmósfera principalmente dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NOx). La manipulación de los combustibles también genera gases de efecto invernadero a causa de la volatilización de sustancias de bajo punto de ebullición.

Entre las actividades agrícolas y pecuarias que más contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero están la ganadería intensiva, el cultivo de arroz y la quema de sabanas. En la ganadería se produce metano durante el proceso digestivo de los animales, y en el manejo del estiércol, al igual que en los cultivos de arroz, cuando la cosecha se realiza bajo régimen de inundación, por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica presente bajo el agua. En la quema de sabanas y residuos de cosechas se generan los gases de efecto invernadero típicos de la combustión.

La disposición de residuos de origen doméstico o industrial contribuye a la emisión de metano, CO_2 y compuestos orgánicos volátiles, como resultado de la degradación de la materia orgánica.

METODOLOGÍA

Los cálculos para estimar las emisiones de los contaminantes seleccionados se realizaron con base en la metodología de estimación del Programa de Inventario de Emisiones para México; para lo anterior, fue necesario determinar y recopilar todos los datos relacionados con las emisiones contaminantes y la actividad, además de seleccionar las técnicas y métodos de estimación de emisiones.

TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

El desarrollo del presente inventario se realizó conforme a las siguientes técnicas seleccionadas:

MODELOS DE EMISIÓN (MECANÍSTICOS)

BEIS: Las emisiones de N_2O generados por la vegetación y el suelo se estimaron con el BEIS versión 2.3, que básicamente es una actualización del PCBEIS2.2. El BEIS fue desarrollado por The Atmospheric Modeling Division (US Environmental Protection Agency). El BEIS presenta las ecuaciones y estudios más recientes para calcular emisiones y permite ingresar datos directamente por el usuario y cambiar las entradas del modelo, así como generar emisiones para múltiples pares de coordenadas (latitud/longitud).

El programa BEIS está escrito en Java, y para su funcionamiento se necesita que la aplicación Java Virtual Machine de Sun Microsystems esté instalada con anterioridad. La aplicación del programa BEIS se describe a continuación en tres módulos, definiendo en cada punto la información requerida por el sistema.

Modulo I: Área geográfica y uso del suelo. El programa cuenta con información sobre el uso del suelo para la mayoría de las ciudades de los Estados Unidos. Para el caso de la zona de estudio, se modificaron algunos archivos de entrada de la base de datos correspondientes a la información de tipos de cobertura vegetal y su extensión, según las especies vegetales en el área de estudio que disponían de factores de emisión. En caso de no existir factor de emisión para la especie vegetal, la asignación se realiza con respecto a la familia taxonómica de la que procede cada planta y se asocia a un factor de emisión del BEIS que corresponda a la misma familia, dado que no se cuenta con más factores de emisión.

Los cultivos y/o especies vegetales que no pudieron ser clasificados siguiendo este método se colocaron en la clase de *misceláneos*. El BEIS requiere que el uso de suelo sea distribuido como una fracción del total, por especie vegetal o categoría del BEIS (ver figura 2 y tabla 2).

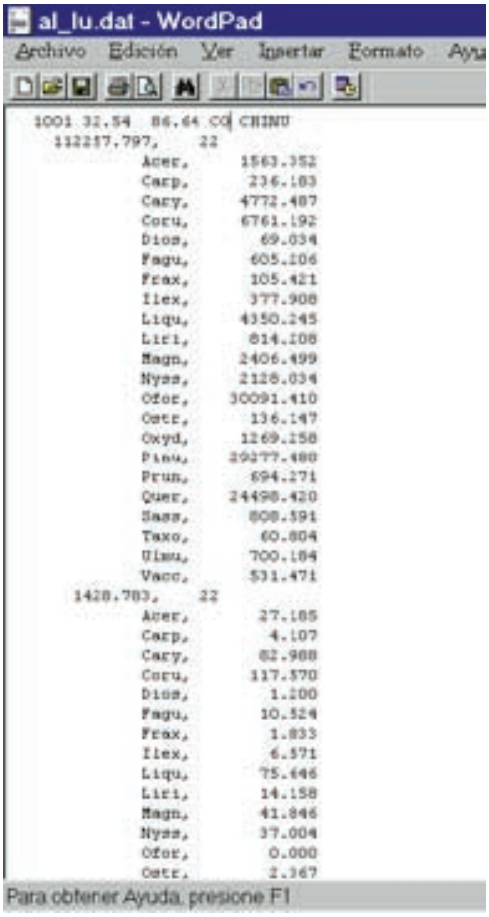


Figura 2. Proceso de generación del archivo de uso de suelo

Tabla 2. Cobertura vegetal y cuerpos de agua

Municipio	Cobertura (ha)			
	Bosques	Cultivos	Pastoreo	Cuerpos de Agua
Montería	115771.8	8422.0	384796.9	76855.4

Modulo II: Archivos y parámetros de entrada. El BEIS debe ser abierto en Access y presenta la pantalla de los parámetros del modelo, en la cual se asigna el día y año a modelar y la zona de estudio. Los archivos de entrada para el cálculo de emisiones deben ser especificados en la sección *Input/Output Files* (ver figura 3).



Figura 3. Archivos y parámetros de entrada

Modulo III: Meteorología. El programa cuenta con información meteorológica para la mayoría de las ciudades de los Estados Unidos. Para el caso de la zona de estudio, se utilizó la base de datos correspondiente a la información meteorológica obtenida en el estudio "Construcción de la línea base de la calidad del aire en el municipio de Montería" (ver figura 4).

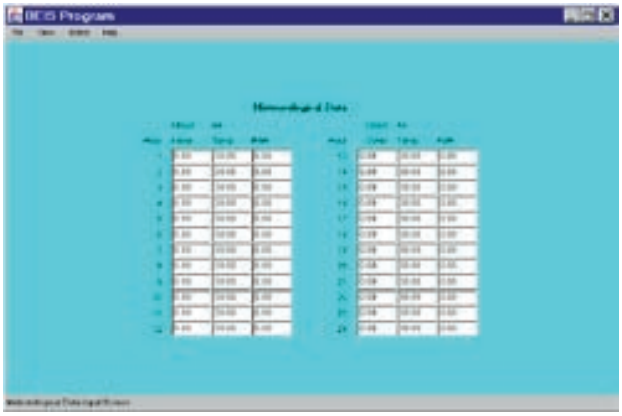


Figura 4. Meteorología

Alimentados los datos necesarios al modelo, se procede a obtener el resultado de las emisiones. En la barra de herramientas se selecciona *Action (Compute Emissions)*. Los resultados podrán ser visualizados al seleccionar en el menú *View (Computed Emissions)*. Ver figura 5.

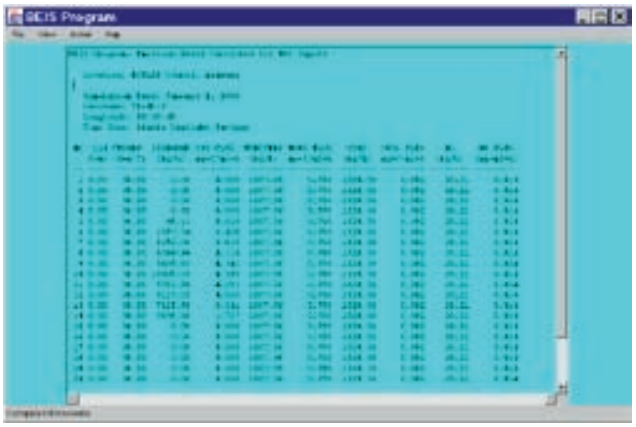
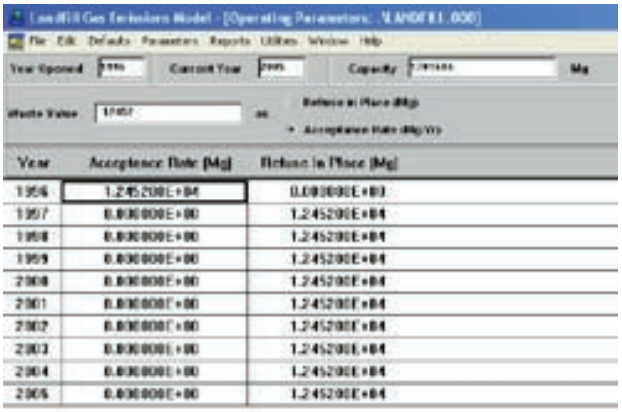


Figura 5. Resultados



Year	Acceptance Rate [Mg]	Refuse in Place [Mg]
1996	1.245200E+04	0.000000E+00
1997	0.000000E+00	1.245200E+04
1998	0.000000E+00	1.245200E+04
1999	0.000000E+00	1.245200E+04
2000	0.000000E+00	1.245200E+04
2001	0.000000E+00	1.245200E+04
2002	0.000000E+00	1.245200E+04
2003	0.000000E+00	1.245200E+04
2004	0.000000E+00	1.245200E+04
2005	0.000000E+00	1.245200E+04

Figura 6. Parámetros de entrada del Landfill

LandGEM. La estimación de las emisiones atmosféricas generadas en los rellenos sanitarios se realizó con base en The Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) de la EPA. Este modelo permite estimar las emisiones de metano, monóxido de carbono y compuestos orgánicos no metanogénicos.

El método de valoración usado por el modelo se basa en una ecuación de primer orden, la cual requiere de parámetros como la generación potencial de metano del residuo (*Lo*) y la tasa de generación de metano (*k*). Estos parámetros pueden estimarse según los datos específicos del sitio o pueden utilizarse los valores por defecto del modelo.

El modelo requiere de la clasificación de los rellenos en codisposal (cuando hay disposición de residuos peligrosos) o no codisposal (cuando no hay disposición de residuos peligrosos). Además de los parámetros anteriores se le deben suministrar al modelo la tasa de generación de residuos y la capacidad del relleno.

Los parámetros de entrada al modelo se pueden apreciar en la figura 6. La metodología para la determinación de cada uno de los anteriores parámetros se describe a continuación.

Debido a la ausencia de datos específicos para cada botadero, se utilizaron los valores por defecto correspondientes al sistema AP-42:

Lo = 100 m^3/Ton

k = 0.04 $años^{-1}$

Estos valores proporcionan resultados más representativos de las emisiones típicas de los rellenos y son los valores sugeridos por la EPA para la realización de inventarios en zonas cálidas de los Estados Unidos.

Los botaderos fueron clasificados en la categoría de no codisposal, ya que se parte de la premisa que en ninguno de estos se disponen residuos peligrosos.

El cálculo de la generación anual de residuos se realizó desde el año de inicio del botadero hasta el año en curso, dato que fue obtenido de las encuestas realizadas en cada municipio (para los municipios que no contaban con este dato se realizó un promedio con base en el inicio de funcionamiento de los demás botaderos, dando como resultado el año de 1998).

La generación anual de residuos se estimó con base en el aporte per cápita (*APC*), según lo establecido en el RAS 2000 (ver tablas 3 y 4). Para determinar el nivel de complejidad (*NC*) la variable más representativa fue la población.

Tabla 3. Asignación del nivel de complejidad (*NC*)

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (hab)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Tabla 4. Valores Típicos del *APC* (kg/hab-d) para municipios colombianos de acuerdo al *NC*

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0.30	0.75	0.45
Medio	0.30	0.95	0.45
Medio Alto	0.30	1.00	0.53
Alto	0.44	1.10	0.79

Esta selección se hizo con base en el nivel de desarrollo de Montería (ver tabla 5). Para la generación anual de residuos, los datos de población utilizados en este cálculo fueron los obtenidos de las proyecciones realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (ver tabla 6).

Tabla 5. Aporte de residuos per cápita

Municipio	*NC* según población	*NC* según capacidad económica	*NC* asignado	*APC* (kg/hab-d)
Montería	Alto	Medio	Alto	0.60

Tabla 6. Generación anual de residuos en Montería

Año	Habitantes	Generación de residuos (Ton/año)
1985	247225	54142.3
1986	250646	54891.4
1987	254113	55650.9
1988	257629	56420.8
1989	261194	57201.5
1990	264808	57992.9
1991	268472	58795.3
1992	272186	59608.8
1993	275952	60433.5
1994	299327	65552.5
1995	303468	66459.5
1996	307904	67431.0
1997	312398	68415.2
1998	316843	69388.6
1999	321249	70353.5
2000	325685	71325.0
2001	330144	72301.5
2002	334596	73276.5
2003	339080	74258.5
2004	343607	75249.9
2005	348168	76248.8

La capacidad del relleno correspondió a la sumatoria de la generación de residuos anual desde el año de inicio de operación hasta el año en curso (2005), lo cual equivale a 1'701,685 Ton.

IVE 1.1: Se utilizó el modelo IVE 1.1 (International Vehicle Emission Model) para el cálculo de las emisiones de COV's, NOx, CO, SO_2 y PM10 de algunas categorías de fuentes móviles. Este modelo ha sido desarrollado en Estados Unidos por la Universidad de California (Center for Environmental Research and Technology), Global Sustainable Systems Research y the International Sustainable Systems Research Center. El financiamiento para el desarrollo del modelo fue proporcionado por the U. S. Environmental Protection Agency. Ha sido desarrollado especialmente para ser utilizado en países en vías de desarrollo, en los que existen condiciones de tráfico y tecnología vehicular diferentes a los de los países en desarrollo.

El modelo IVE está escrito en Java y para su funcionamiento se necesita que la aplicación Java Virtual Machine de Sun Microsystems este instalada con anterioridad.

Para poder ser utilizado en países en desarrollo, cuenta con una base de datos muy amplia y flexible de tecnologías vehiculares, que cubre más de 300 categorías de vehículos, distribuidas por edad, tamaño del motor, tecnología de control de emisiones y de alimentación de combustible.

Además, cuenta con valores por defecto para factores de emisión básicos provenientes de países que suministren esta información (Estados Unidos, la Unión Europea y Japón), que pueden ser modificados cuando se cuente con esta información en el nivel local.

El modelo permite realizar estimativos de emisiones en proyectos, y a escalas regional y nacional, incluyendo para este último fin un módulo para gases causantes del efecto invernadero. Los contaminantes que permite estimar son los siguientes: CO, VOC's, NOx, PM2.5, PM10, CO_2, N_2O,

CH_4, NH_3, benceno, plomo, aldehídos y 1,3 butadieno.

Al abrir el modelo IVE, la primera página que se ve es la del cálculo, y los componentes básicos y acciones que se pueden realizar en esta página. La página de cálculo exhibe la flota vehicular y el archivo de localización que son analizados actualmente, así como los resultados de la estimación de la emisión. De la página del cálculo se puede (ver figura 7):

- Seleccionar el archivo para la localización (y el archivo asignado a la flota vehicular mostrado en paréntesis) a analizar.
- Seleccionar la hora del día o el día entero a analizar.
- Seleccionar las unidades para el cálculo de la emisión.
- Ver y exportar los resultados de las emisiones según lo deseado.



Figura 7. Página principal (cálculos) del modelo IVE

La página de localización exhibe toda la información contenida en el archivo de localización seleccionado. En la página se puede (ver figura 8):

- Seleccionar el archivo de localización y asignar la flota correspondiente.
- Crear, ver, cambiar y guardar las opciones del archivo de localización (condiciones ambientales, características del combustible, y características de conducción).



Figura 8. Página de localización

La página de la flota muestra la distribución de la tecnología de la flota seleccionada. En la página de la flota se puede (ver figura 9):

- Selecciona el archivo de la flota.
- Crear, ver, cambiar y guardar la distribución de la tecnología del vehículo de un archivo de la flota.



Figura 9. Datos de la flota vehicular

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión correspondiente a cada proceso se buscaron en la base de datos FIRE 6.24 (AirCHIEF).

Para el cálculo de las emisiones generadas por la actividad ganadera se utilizaron los siguientes factores de emisión (tabla 7):

Tabla 7. Factores de emisión para actividades agropecuarias (ganadería)

Factor de emisión (kg/cabeza-año)				
CH_4 (fermentación entérica)			CH_4 (excretas)	N_2O (excretas)
0-12 meses	12-24 meses	> 24 meses		
21.0	61.8	111.0	1.5	0.5

La información sobre el número de cabezas de ganado bovino se obtuvo del Consenso Departamental elaborado por la Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial del departamento de Córdoba (tabla 8).

Tabla 8. Inventario de ganado bovino (año 2004)

Municipio	Cabezas de Ganado		
	0-12 meses	12-24 meses	> 24 meses
Montería	121.909	147.300	219.237

Para el cálculo de las emisiones de CH_4 generadas por los cultivos de arroz se utilizó el siguiente factor de emisión: 20 g/m^2. La información sobre el área cultivada se obtuvo del Consenso Departamental elaborado por la Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial del departamento de Córdoba. En ella se indica que Montería tiene 19'210.000 m^2 sembrados con arroz.

CONTAMINANTES INCLUIDOS EN EL INVENTARIO

- Dióxido de carbono (CO_2).
- Metano (CH_4).
- Óxido nitroso (N_2O).

RESULTADOS

La emisión estimada de gases de efecto invernadero a través del modelo IVE (International Vehicle Emission Model) para algunas categorías de fuentes móviles se presenta en la tabla 9. Las fuentes móviles aportan alrededor de 43,134 toneladas al año, de las cuales el 99.63% es CO_2.

Tabla 9. Emisión de gases de efecto invernadero por fuentes móviles

Vehículo	CO_2		N_2O		CH_4		Total	
	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%
Buses y busetas	5492.00	12.8	0.04	25.8	0.05	0.0	5492.09	12.7
Camperos y camionetas	6559.85	15.3	0.04	24.2	19.20	12.1	6579.09	15.3
Taxis	5836.52	13.6	0.02	10.7	56.21	35.5	5892.74	13.7
Motos	19995.08	46.5	0.04	20.9	69.28	43.8	20064.40	46.5
Vehículo particular	2779.01	6.5	0.01	4.2	11.72	7.4	2790.73	6.5
Camiones	2313.07	5.4	0.02	14.3	1.85	1.2	2314.95	5.4
Total	42975.52	100.0	0.17	100.0	158.30	100.0	43134.00	100.0

En la tabla 9 se puede observar que los tipos de vehículos que más contaminantes generan son las motos (46.5%), seguida de los camperos y las camionetas (15.3%). Las emisiones de óxido nitroso (0.17 Ton/año) y metano (158.3 Ton/año) equivalen a un potencial de calentamiento global de 53.98 y 3324.28 toneladas de CO_2 al año y representan el 0.11 y 7.17%, respectivamente.

Según el modelo LandGEM, el relleno sanitario (botadero a cielo abierto) de Montería emite a la atmósfera 3,088 Ton/año de CH_4, con un potencial de calentamiento global equivalente a 64,848 toneladas de CO_2 al año.

Las emisiones de N_2O y CH_4 generados por la vegetación y el suelo, según el modelo BEIS y los factores de emisión, se estiman en 2,017.4 y 384.2 toneladas al año, respectivamente. Estas emisiones equivalen a un potencial de calentamiento global de 625,394 y 8,068 toneladas de CO_2 al año y representan el 98.7 y 1.3%, respectivamente

Según los factores de emisión, las emisiones de N_2O y CH_4 generados por la ganadería se estiman en 253.2 y 36,725.1 toneladas al año, respectivamente. Estas emisiones equivalen a un potencial de calentamiento global de 78,492 y 771,227.1 toneladas de CO_2 al año y representan el 9.2 y 90.8%, respectivamente

La emisión bruta total fue de 85,601.9 toneladas para el año 2005 en el municipio de Montería, de las cuales el CO_2 representó el 50.2%, el óxido nitroso el 2.7% y el metano el 47.1% (ver tabla 10). La emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería representa el 0.16% de la emisión nacional, según los resultados obtenidos y el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia para el 1990.

Tabla 10. Emisión de gases de efecto invernadero por tipo de fuente

Fuente	CO_2		N_2O		CH_4		Total	
	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%	(Ton/año)	%
Vehículos	42975.52	100.0	0.17	0.0	158.30	0.4	43134.00	50.4
Relleno sanitario	0	0.0	0	0.0	3088	7.7	3088.00	3.6
Vegetación	0	0.0	2017.4	88.8	384.2	1.0	2401.60	2.8
Ganadería	0	0.0	253.2	11.2	36725.1	91.0	36978.30	43.2
Total	42975.52	100.0	2270.77	100.0	40355.60	100.0	85601.90	100.0

El análisis por categorías de fuentes emisoras señala que el 50.4% de la emisión total tuvo su origen en el uso de combustibles fósiles en el sector transporte, el 43.2 % en la ganadería, el 3.6% en la disposición de residuos sólidos y el 2.8 en las actividades agrícolas (ver figura 10).

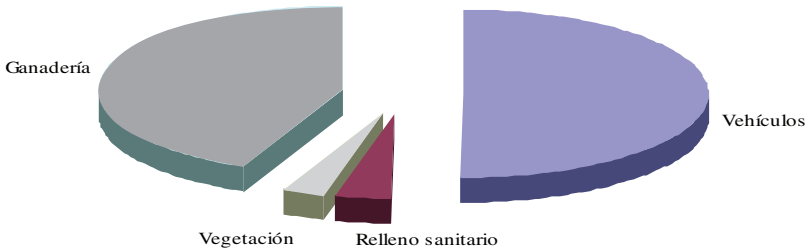


Figura 10. Distribución de la emisión de gases de efecto invernadero por fuentes en el municipio de Montería, 2005

La tabla 11 presenta la equivalencia con respecto al CO_2 de los gases de efecto invernadero emitidos en el 2005 por el municipio de Montería. En ella se observa que, aunque la emisión de N_2O es muy inferior al resto de gases (2.7%), este gas posee un potencial de calentamiento global del 44.2%. El metano posee un potencial de calentamiento global del 53.2%.

Tabla 11. Potencial de calentamiento global

Gas	Emisión (Ton/ año)	Potencial de calentamiento global	
		Cifra	%
CO_2	42975.52	42975.52	2.7
CH_4	40355.6	847467.6	53.2
N_2O	2270.77	703938.7	44.2

CONCLUSIONES

- El municipio de Montería representa el 0.16% de la emisión de gases de efecto invernadero de Colombia.
- La fuente más importante, en cuanto a emisión de gases de efecto invernadero, es el parque automotor con un 50.4%.
- Si se deseara implementar algún proyecto dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con miras a establecer las bases de un mercado de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, este debe apuntar a reducir las emisiones de N_2O y CH_4, más concretamente, se debe implementar en las actividades agropecuarias.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar su sentimiento de gratitud a la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) y al Grupo de Estudios y Mediciones Ambientales (GEMA) del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Medellín. Asimismo quiere agradecer la colaboración de las siguientes personas: Ingenieros Gabriel Jaime Maya Vasco y Alejandro Acosta Ramírez, y estudiantes Elena Patricia Correal Arboleda y Jessika Paulina Gamboa Salazar.

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 1999. Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, Santa Fe de Bogotá.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. 2005. Reporte de emisiones y transferencia de contaminantes. México D. F.

LEGGETT, J. 1990. El calentamiento del planeta: Informe de Greenpeace. México: Fondo de Cultura Económica.

RADIAN INTERNATIONAL LLC. 1997. Manuales del programa de inventarios de México. Sacramento (California).

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN. 2005. Primer Inventario de Emisiones en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge y Diagnóstico Ambiental de la Calidad Acústica en el Municipio de Montería. Montería.

http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap13.pdf. (fecha de consulta 13/06/2006).