



INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DE BOGOTÁ D.C.- LÍNEA BASE



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

BOGOTÁ
HUMANANA

NÉSTOR GARCÍA BUITRAGO
Secretaría Distrital de Ambiente

JULIO CÉSAR PULIDO PUERTO
Subsecretario Distrital de Ambiente

HAIPHA THRICIA QUIÑONES
Director de Control Ambiental

FERNANDO MOLANO NIETO
Subdirector de Calidad del aire, Auditiva y Visual

HARVY ARMANDO RODRÍGUEZ CHÁVEZ
Jefe Oficina de Comunicaciones

JHON JAIRO BARROS
Corrección de estilos
Oficina Asesora de Comunicaciones

JULIAN CAMILO VEGA RODRÍGUEZ
Diseño y diagramación
Oficina Asesora de Comunicaciones

Autores

Autor coordinador, Dra. Mariela Rodríguez Vargas. Otros autores en orden alfabético; Adriana Acosta, Sergio Andrés Colmenares, Rafael Arturo Chaparro Ortíz, Katerine Andrea Fuquen, Rafael Augusto García Vidales, Rosember Hernandez Restrepo, Ana Dely Pulido Guío, Keidy Robinsson, Liliana Tinoco, Angélica Marcela Vargas Ramírez, Andrea Wanumen y Ernesto Romero Tobón

Apoyo, participación y aportes técnicos de los profesionales María Eugenia Archila, José Fernando Cuello, Edwin Fernando Lugo Barahona, Sandra Montoya Villarreal, Fernando Molano Nieto, Andrea Penagos, Edgar Alberto Rojas, Oscar Vargas, Alberto Laverde, Ricardo Ramírez, Edna Bedoya Grisales, Julio César Palacios Rodríguez.

Agradecimientos

Este informe ha sido elaborado por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) - Dirección De Control Ambiental y Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual, apoyado por todas las dependencias de la entidad quienes participaron en las diferentes mesas de trabajo, apoyaron con sus aportes y suministraron la información de su gestión adelantada y aplicable al Inventario de Emisiones y Captura de Gases Efecto de Invernadero Bogotá D.C. 2008.

La Secretaría Distrital de Ambiente, también reconoce los aportes e información recibida del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Ministerio de Agricultura, el Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM), el Instituto Alexander Von Humboldt, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) – El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), la Aeronáutica Civil, ECOPETROL, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), Acueducto de Bogotá - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR Salitre, la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), la Gobernación de Cundinamarca, la Secretaria Distrital de Movilidad, Secretaría Distrital del Habitat, Secretaría Distrital de Desarrollo Económico, Secretaria Distrital de Planeación, Secretaría Distrital de Salud, Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRICC), la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, la Universidad de Los Andes, CORPOICA, el Sistema de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos (SUI) CAR e Instituto INSAT, Centro de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional.

PRÓLOGO

Bajo la creencia de que los gobiernos locales son herramientas imprescindibles para hacer frente a los retos globales y con el convencimiento que las ciudades deben tener identidad y saber combinar lo global con lo local, en 2008 Bogotá inició el camino hacia la construcción e implementación de un programa de acción frente al cambio climático.

Este programa, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), cuenta con la coordinación y los lineamientos técnicos de la Dirección de Control y Ambiental de la SDA, en el marco del Programa Distrital de Acción Frente al Cambio Climático (PDA-FCC) y el Manifiesto de Bogotá Distrito Capital Frente al Cambio Climático, firmado en junio de 2008.

Hoy, en el marco del Programa de Gobierno “Bogotá Humana”, me complace efectuar la presentación y oficialización de la culminación de cuatro años de trabajo en el tema sobre cambio climático local, a través de la publicación del primer Inventario de Gases Efecto Invernadero (GEI) de Bogotá D.C. 2008, el cual responde a nuestra creciente preocupación por entender y atender el mayor reto al desarrollo que enfrentan las sociedades de todo el mundo en la actualidad, contabilizando las emisiones y los emisores de los principales GEI en la ciudad, como lo son el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso.

Su conocimiento es de gran utilidad para dilucidar cuál es nuestra contribución al problema, y hacer un recuento de las principales acciones que hemos tomado en los últimos tiempos. Además, este inventario nos permitirá evaluar las opciones de respuesta que tenemos a la mano para mitigar las causas y adaptarnos a sus consecuencias, como lo son los acuerdos 391, 372 y 367 del Concejo de Bogotá.

Esta publicación representa el cumplimiento a cabalidad de los compromisos adquiridos por Bogotá ante la comunidad internacional, en el marco de los convenios ciudades C40, Fundación Clinton y convenio de Cancún.

En nombre de la Secretaría Distrital de Ambiente, agradezco el apoyo de todas las instituciones y las personas que participaron o facilitaron la preparación, evaluación y verificación del primer Inventario de Gases Efecto Invernadero, línea base de Bogotá 2008, y reitero nuestro compromiso por continuar contribuyendo con todas nuestras capacidades y recursos en la solución de los potenciales impactos y efectos del cambio climático global en el Distrito Capital.

Néstor García Buitrago
Secretario Distrital de Ambiente

La Dirección de Control Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, con la colaboración de otras dependencias del sector público, privado y de la academia de la ciudad, ha preparado el primer inventario de Gases Efecto Invernadero (GEI), para el periodo comprendido entre enero y diciembre de 2008, estableciendo así la línea base referente a emisiones y fuentes emisoras para la capital del país.

La metodología utilizada en este informe se fundamenta en las guías de revisión 2006 para inventarios nacionales de emisiones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), adaptadas al nivel local. También se siguieron las recomendaciones establecidas en los informes del IPCC sobre guías de buenas prácticas para los sectores de energía, procesos industriales, agricultura, silvicultura, usos del suelo y residuos.

La publicación y socialización del primer inventario GEI de Bogotá, refleja el compromiso permanente de nuestra ciudad con el país y el planeta, en el cumplimiento con los mandatos establecidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y el protocolo de Kyoto, así como en el desarrollo de la línea de acción del Programa Distrital de Acción Frente al Cambio Climático (PDAFCC) y el Inventario de emisiones y captura de Gases de Efecto Invernadero sectoriales en Bogotá.

Hoy, en nombre de la Secretaría Distrital de Ambiente, me es grato presentar los datos base de emisores, emisiones y captura de GEI en toneladas de CO₂eq. Este esfuerzo técnico representa el interés que tiene esta entidad en su compromiso de desarrollar y aplicar un enfoque estratégico e integrado para mitigar el cambio climático, estableciendo la línea base para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, labor para la cual esperamos seguir contando con el apoyo y colaboración de las entidades gubernamentales distritales, del sector privado y la academia.

Haipha Thricia Quiñones Murcia
Director de Control Ambiental

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DE BOGOTÁ D.C. LÍNEA BASE

METODOLOGÍA IPCC 2006

BOGOTÁ D.C.
2012 -2013

Resumen ejecutivo

La línea base sobre emisiones, fuentes de Gases Efecto Invernadero (GEI) y sumideros para Bogotá D.C., se construyó, desarrolló, complementó, verificó y ajustó entre el periodo 2008 -2012, en el marco de la elaboración del inventario local de Gases Efecto Invernadero, congruente con las guías metodológicas del IPCC revisión 2006. Se obtuvo como resultado un total de 16.279.278.64 toneladas de emisiones brutas en unidades de CO₂ equivalente y 16.184.908.71t de emisiones netas; acorde con los resultados de la contabilización de las categorías de Energía con 10.566.325.44 tCO₂eq., la de Procesos industriales 5.254.48 tCO₂eq, la de Agricultura, silvicultura y usos del suelo (ASUS) 2.492.347,00 tCO₂eq., la de Residuos 3.215.351,72 tCO₂eq y la captura en toneladas de dióxido de carbono (CO₂) de 94.369.93 por parte del arbolado urbano público.

Objetivo del inventario

Un inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tiene como objetivo principal determinar la magnitud de las emisiones y absorciones por sumideros locales que son directamente atribuibles a la actividad humana; aumentando la concentración de gases en la atmósfera en niveles superiores a los que son producidos en forma natural (adaptado de CMNUCC 1992).

Para Bogotá, el Inventario de Gases Efecto Invernadero referente 2008, tiene como finalidad identificar las fuentes de emisiones antropogénicas de Gases Efecto Invernadero y el potencial de captura de CO₂, como base para la formulación de estrategias, programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático global, actuando desde lo local, en el marco de las disposiciones y mandatos globales, nacionales y regionales.

Los GEI inventariados para el establecimiento de la línea base en cambio climático para el Distrito Capital son los gases directos dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), cuyo efecto es el calentamiento global, regional y local de la tierra, causando cambios en los patrones de comportamiento del clima, las lluvias, los vientos y el nivel de los recursos hídricos; lo cual ocasiona eventos catastróficos impredecibles.

Caracterización geográfica y climática del territorio base

Bogotá, se encuentra dentro de la zona de confluencia intertropical ¹ y es una de las capitales más altas de Suramérica después de La Paz y Quito. Está ubicada en una sabana de la Cordillera Oriental de los Andes, sobre una elevación que oscila entre los 2.650 y 3.750 m.s.n.m., localizada en: longitud 4° 35 norte y longitud 74° 4 oeste. Cuenta con los siguientes límites: norte: 04° 50'30'' latitud norte, en el límite urbano norte de Bogotá; sur: 04°17' 37'' latitud norte, divisoria de aguas, nacimiento del río Tunjuelo, laguna de Los Tunjos; límite oriental: 74° 00' longitud oeste, divisoria de los cerros orientales; límite occidental: 74°13' longitud oeste, en el sector de la confluencia del río Tunjuelo con el río Bogotá.

Las montañas circundantes de Bogotá sirven como barrera natural que restringe el flujo de humedad, influyendo de esta forma en el régimen de lluvias en la ciudad. La precipitación tiene relación directa con la humedad relativa, es decir, a mayor humedad relativa mayor precipitación; en la zona que corresponde a los cerros orientales la humedad relativa media es del 80%, mientras que hacia el río Bogotá puede alcanzar valores del 75%.

La temperatura de la ciudad oscila entre 14.5 °C en la parte baja del río Tunjuelo, cerca de su desembocadura en el río Bogotá, y 7.0 °C en la cuenca alta del río Tunjuelo (3.450 msnm), en el sector del embalse La Regadera. A nivel diario, la variación de la temperatura del aire es significativa, ya que las variaciones pueden acercarse a los 10°C. Las temperaturas máximas y mínimas registradas se dan entre los meses de diciembre y marzo con valores ligeramente superiores a los 26.0 °C para la máxima absoluta y temperaturas ligeramente inferiores a los 5 °C para las mínimas absolutas.

1. Zona de confluencia intertropical: la Zona de confluencia intertropical es una zona de la atmósfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa. Se sitúa aproximadamente paralela al Ecuador y está ubicada entre dos núcleos de alta presión atmosférica. Esta zona, y las masas de aire que confluyen en ella, se desplaza con respecto al Ecuador siguiendo el movimiento aparente del sol, con un retraso de 5 a 6 semanas y una amplitud latitudinal media aproximada de hhhh° en África, 30° en Asia y 15° en América del Sur.



Dentro de un marco geográfico reducido como Bogotá, las pequeñas variaciones en el clima local están básicamente determinadas por su relieve, así como las cadenas montañosas del oriente y noroccidente de la ciudad, que obligan a los vientos húmedos del suroeste a ganar altura, dando origen en su ascensión a lluvia tipo orográfico. Por lo contrario, en la sabana de Bogotá el aire se calienta a medida que pierde altura (efecto Foehn), lo que produce condiciones radicalmente distintas en las diferentes localidades; por consiguiente, la altitud y orientación van a ser los factores a tener en cuenta para explicar las variaciones locales de los regímenes de precipitación y temperatura.

En el marco de este trabajo se precisó la temperatura base para las localidades de Bogotá en el 2008, a partir del estudio acerca de la percepción meteorológica en el medio urbano de la ciudad, elaborando climogramas para cada una de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), que contaban con los datos de temperatura y precipitación. Como resultado de la investigación se elaboró el cálculo y mapa de la temperatura base para cada una de las localidades territoriales (ver mapa No.1). Igualmente, se estableció un promedio de temperatura anual para el año base 2008 de 14,3°C.

Para la definición climática de la línea base para Bogotá D.C. 2008, relacionada con el clima, se tuvieron en cuenta los trabajos realizados en este tema por el (DAMA), hoy Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), de la siguiente forma:

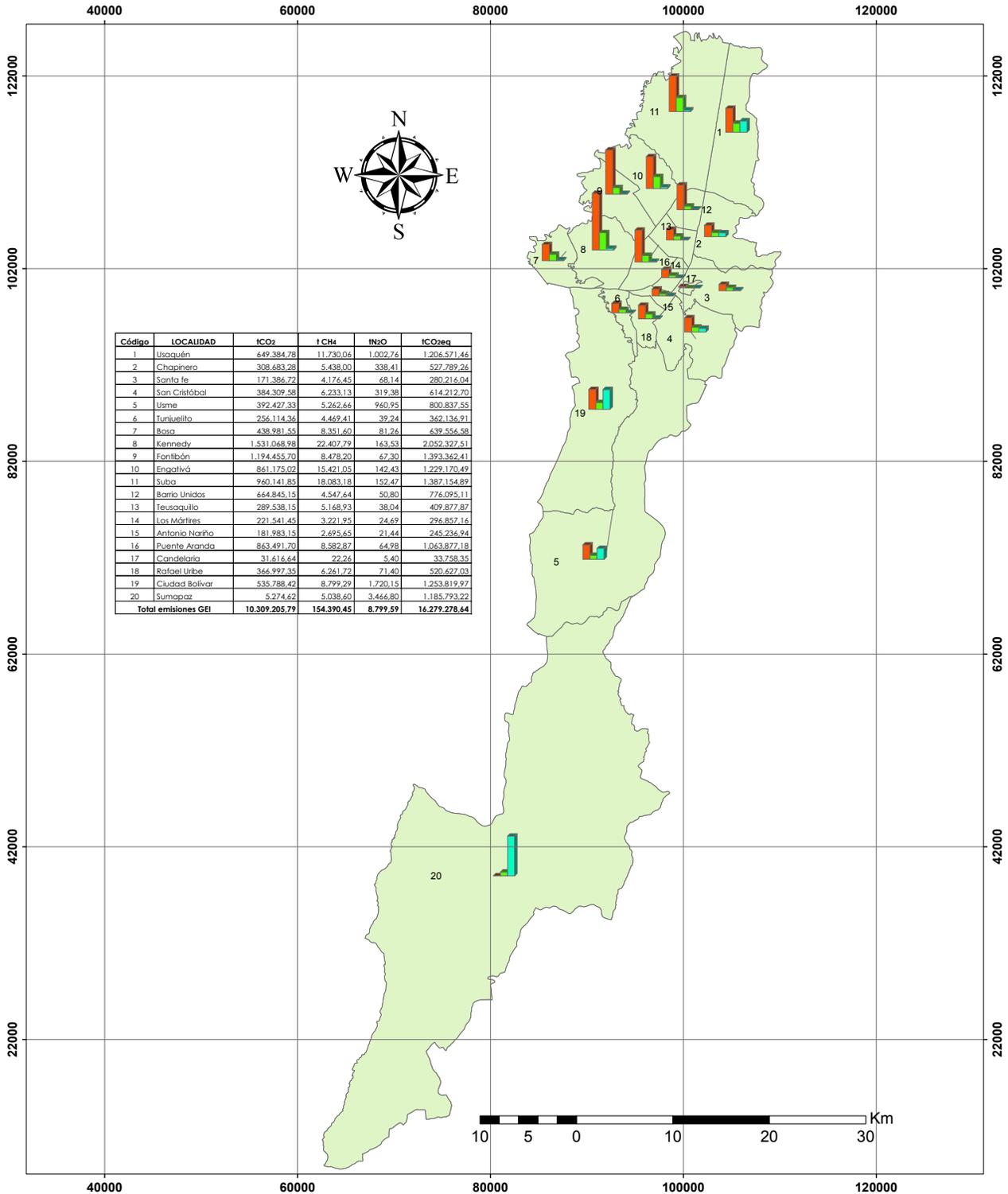
En el 2006-2007, el DAMA determinó en el Atlas Ambiental de Bogotá los diferentes pisos térmicos de la ciudad a partir del tipo de clima, desarrollado según el modelo climático de Land y Caldas. Este trabajo concluyó que el sector más seco de Bogotá se localiza en las veredas Quiba Bajo y Quiba Alto de la localidad de Ciudad Bolívar, mientras que los sectores húmedos se presentan en las zonas montañosas en las cabeceras de los ríos Fucha, Tunjuelo, Blanco y Sumapaz.

Durante el 2008 y el 2009, la Secretaría Distrital de Ambiente dio inicio al estudio y análisis sobre la percepción meteorológica en el medio urbano de la ciudad, a partir de la elaboración de climogramas, con base en los datos procedentes de las estaciones de la RMCAB. Así, se obtuvo una variabilidad climática durante un lapso de 10 años entre 0,8°C y 1°C de aumento en la temperatura promedio anual (Hernández, R 2008).

A partir del 2010, la SDA inició el estudio y análisis del potencial del fenómeno de Islas de Calor Urbana (ICU) para la ciudad, a partir de los registros de temperatura de las estaciones meteorológicas de la RMCAB, evidenciando la relación existente entre los procesos urbanos y las transiciones locales de las variables meteorológicas, tales como la temperatura y la velocidad del viento, generando diferentes microclimas en la mancha urbana del Distrito (Vargas, M 2011).

Acorde con los resultados del análisis de la intensidad de la Isla de Calor, se observó en la parte interna de la ciudad una temperatura 1,8°C superior al promedio de las zonas periféricas para el año 2000, frente a una intensidad de 1,3°C para el año 2010; soportando la influencia del modelo urbano y la absorción de la periferia por la ciudad (Vargas, M 2012).

Mapa No. 1



| Código | LOCALIDAD | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|----------------------------|----------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | Usaquén | 649.384,78 | 11.730,06 | 1.002,76 | 1.206.571,46 |
| 2 | Chapinero | 308.683,28 | 5.438,00 | 338,41 | 527.789,26 |
| 3 | Santa fe | 171.386,72 | 4.176,45 | 68,14 | 280.216,04 |
| 4 | San Cristóbal | 384.309,58 | 6.233,13 | 319,38 | 614.212,70 |
| 5 | Usme | 392.427,33 | 5.262,66 | 960,95 | 800.837,55 |
| 6 | Tunjuelito | 256.114,36 | 4.469,41 | 39,24 | 362.136,91 |
| 7 | Bosa | 438.981,55 | 8.351,60 | 81,26 | 639.556,58 |
| 8 | Kennedy | 1.531.068,98 | 22.407,79 | 163,53 | 2.052.327,51 |
| 9 | Fontibón | 1.194.455,70 | 8.478,20 | 67,30 | 1.393.362,41 |
| 10 | Engativá | 861.175,02 | 15.421,05 | 142,43 | 1.229.170,49 |
| 11 | Suba | 960.141,85 | 18.083,18 | 152,47 | 1.387.154,89 |
| 12 | Barrio Unidos | 664.845,15 | 4.547,64 | 50,80 | 776.095,11 |
| 13 | Teusaquillo | 289.538,15 | 5.168,93 | 38,04 | 409.877,87 |
| 14 | Los Mártires | 221.541,45 | 3.221,95 | 24,69 | 296.857,16 |
| 15 | Antonio Nariño | 181.983,15 | 2.695,65 | 21,44 | 245.236,94 |
| 16 | Puente Aranda | 863.491,70 | 8.582,87 | 64,98 | 1.063.877,18 |
| 17 | Candelaria | 31.616,64 | 22,26 | 5,40 | 33.758,35 |
| 18 | Rafael Uribe | 366.997,35 | 6.261,72 | 71,40 | 520.627,03 |
| 19 | Ciudad Bolívar | 535.788,42 | 8.799,29 | 1.720,15 | 1.253.819,97 |
| 20 | Sumapaz | 5.274,62 | 5.038,60 | 3.466,80 | 1.185.793,22 |
| Total emisiones GEI | | 10.309.205,79 | 154.390,45 | 8.799,59 | 16.279.278,64 |

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital de Ambiente

MAPA DE EMISIONES GEI BOGOTÁ D.C. EMISIONES TOTALES POR GAS MAPA 1 DE 1

Elaborado por:
Ing. Sergio Alejandro Colmenares Peña
Grupo Cambio Climático
Dirección de Control Ambiental
Secretaría Distrital de Ambiente
Alcaldía Mayor de Bogotá
Diciembre de 2012



Legenda

Total Gases

- tCO₂
- tCH₄eq
- tN₂Oeq

Sistema de Coordenadas Proyectado:
MAGNA_Colombia_Bogota
Proyección: Transverse_Mercator
Falso_Este: 1000000,00000000
Falso_Norte: 1000000,00000000
Meridiano Central: -74,07750792
Latitud de Origen: 4,59620042

FUENTES DE INFORMACIÓN

UAECD: MAPA DIGITAL DE BOGOTÁ (CARTOGRAFÍA OFICIAL DE BOGOTÁ)
SDP: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ
DEC: 469 DE 2003
SDA: INVENTARIO DE EMISIONES GEI GRUPO CAMBIO CLIMÁTICO

Caracterización socioeconómica del territorio base

Bogotá ocupa un área total de 177.598 hectáreas, constituidas así: área urbana 30.736, área suburbana 17.045 y área rural 129.815.

El Distrito Capital se encuentra dividido en 20 localidades: Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria, Rafael Uribe, Ciudad Bolívar y Sumapaz. La ciudad es gobernada desde el poder ejecutivo por un Alcalde Mayor y los alcaldes locales para cada una de las localidades y legislativamente por un Concejo Distrital y ediles locales. Adicionalmente, el Distrito cuenta con un sector descentralizado que incluye establecimientos públicos, empresas de propiedad privada o controladas por el Distrito que proveen los servicios públicos.

Población

Según la Secretaría Distrital de Planeación y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en el 2008 Bogotá contaba con 7.155.052 millones de habitantes, que constituyen el 16.1% de la población total de Colombia para el mismo lapso. La población del Distrito ha crecido como resultado de tasas de mortalidad bajas y migraciones internas de otras regiones del país, las cuales se dan principalmente por condiciones económicas, oportunidades de educación y conflictos internos.

Respecto a la presión demográfica sobre el suelo, Bogotá ha pasado de una densidad de 179,4 (hab/h) en el año 1985 a 210 (hab/h); en la actualidad habitan 4.129 habitantes por Km², (obteniendo el dato para el 2008), considerada una de las más altas de América Latina.

La forma de asentamiento de la población muestra un proceso de segregación socio-espacial ubicando los estratos 1, 2 y 3 de menores ingresos al sur y zonas periféricas; el sector industrial en el occidente; el comercio, los servicios e instituciones en la zona céntrica; y los estratos 4, 5 y 6, de ingresos más altos, en el nororiente.

Economía

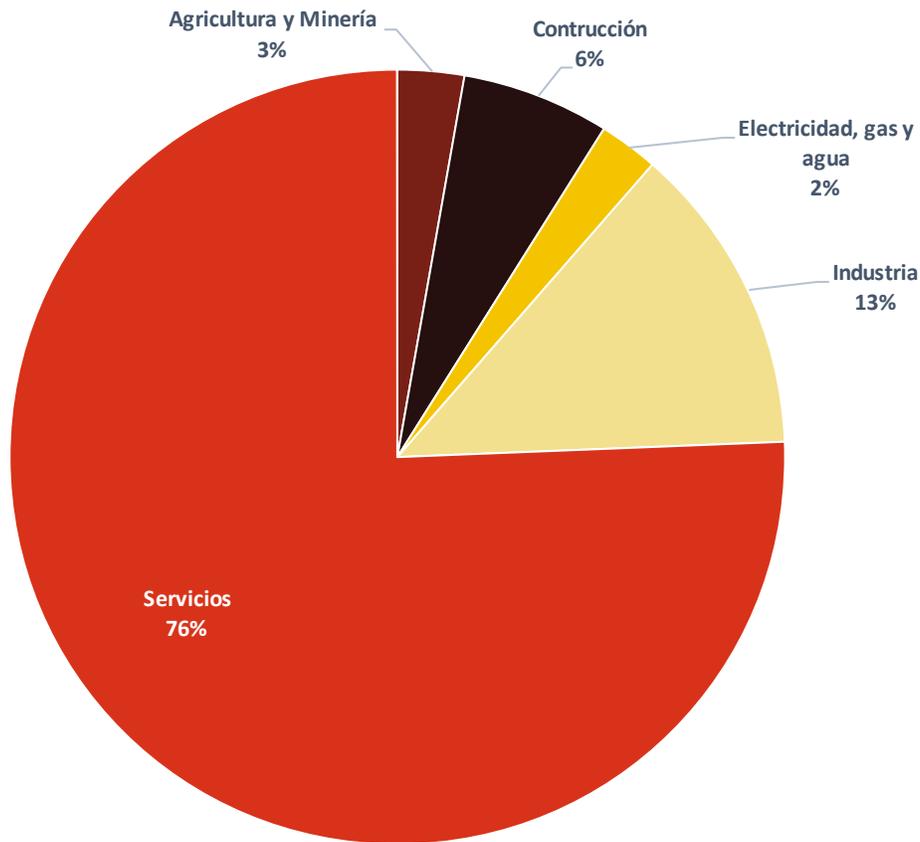
Dado que el cambio climático es un fenómeno global que representa, desde la óptica económica, la mayor externalidad negativa (Stern, 2007), con importantes asimetrías regionales y locales, es necesario construir escenarios económicos de corto, mediano y largo plazo para el nivel local.

La construcción de la estrategia de mitigación será el resultado de esta difícil interacción entre el conjunto heterogéneo de variables tanto climáticas como económicas, sociales, tecnológicas, demográficas, políticas e incluso de política internacional, proveniente del sistema económico; incluyendo además la compleja matriz de interrelaciones entre los impactos climáticos y las estrategias de mitigación y adaptación subsecuentes.

Bogotá posee una economía diversificada, y representó cerca del 23% en 2008 del Producto Interno Bruto Nacional, constituyéndose en el 26.14% del PIB total de la Nación. La producción de Bogotá en el año referencia se concentró en cinco divisiones industriales.

Entre los sectores más dinámicos de la estructura productiva de la economía bogotana en 2008, se destacan el sector servicios con el (76,3%) del PIB, registrando el mayor dinamismo, seguido por la industria manufacturera (12,6%), la producción de bienes de construcción (6,0 %), caracterizado por la elaboración de mezclas de concretos; la agricultura y minería (2.7%); y el sector de energía (electricidad), gas y agua con el 2.4% (ver gráfica No.1).

Gráfica No.1
Estructura Productiva de Bogotá 2008



Fuente: Secretaría Distrital de Hacienda
Cálculos: Cámara de Comercio de Bogotá

En 2008, la economía de Bogotá creció sólo el 2,1%, dinámica que contrasta con el incremento alcanzado en 2007 del 7,8%. La principal razón de la desaceleración económica fue la crisis económica mundial y sus efectos sobre la economía nacional (informe rendición cuentas Alcaldía Mayor Bogotá). Según el informe, el contagio de la crisis se hizo evidente a través de los sectores de industria, comercio y el sector externo. "La contracción industrial se manifestó en Bogotá con la caída continua de la producción durante cuatro trimestres consecutivos".

Las caracterizaciones climática y socioeconómica de Bogotá para el año 2008 establecen la línea base de las variables población y PIB. Las emisiones de gases directos GEI y emisiones GEI en toneladas de CO₂eq, constituye la tercera variable a utilizar en la construcción del escenario base para la definición, desarrollo e implementación de estrategias de mitigación en el orden local, regional y nacional, es decir actuar desde lo local a lo global.



Marco metodológico para el desarrollo del Inventario GEI Bogotá 2008

Para la evaluación, cuantificación, consolidación y verificación de las emisiones GEI generadas en el Distrito Capital, así como la cuantificación del potencial de captura y absorción de CO₂, se definió utilizar la metodología del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), en sus guías y directrices metodológicas revisión 2006; estas permiten el cálculo de la emisión de gases y contaminantes, a partir del uso de factores de emisión, que representan un valor que relaciona la cantidad de gas y contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a esa emisión.

Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante emitido dividido por la unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad que emite el agente emisor (ejemplo, kilogramos de CO₂ por toneladas de combustible quemado).

En la mayoría de los casos, estos factores son simplemente promedios de todos los datos que se encuentran disponibles, y que tienen una calidad aceptable; se asumen como representativos de los promedios a largo plazo para todos los establecimientos similares.

La forma general propuesta y acorde con las guías IPCC para la estimación de las emisiones GEI en la ciudad a través de factores de emisión es la siguiente:

Fórmula de cálculo GEI -IPCC

$$E = A \times Fe$$

Donde E es la emisión total de gases y contaminantes en: g de GEI por unidad de tiempo; A es la tasa de actividad (ejemplo, kg anuales de combustible consumido); Fe es el factor de emisión, (expresado en g de gases y contaminantes emitidos por kg de combustible anual utilizado). La tasa de actividad A puede expresarse también como la producción anual de la industria, por ejemplo, toneladas de concreto anuales; entonces el factor de emisión Fe se expresará como g de gases y contaminantes emitidos por tonelada de producto producido.

Las emisiones de gases de GEI reportadas en este documento se efectúan términos de CO₂ equivalente, la cual es la unidad de medida usada para indicar el potencial de calentamiento global de los GEI. El dióxido de carbono es la referencia a través de la cual se miden otros gases de efecto invernadero distintos al CO₂. Por ejemplo, una tonelada de metano equivale a 21 toneladas de CO₂, y una tonelada de N₂O a 310 toneladas de CO₂. Para Bogotá se determinó presentar sus resultados en toneladas de CO₂ equivalente.

La fórmula general de cálculo adaptada para la consolidación del Inventario GEI Bogotá línea base 2008, es:

$$ECO_{2,eq}GEIB = \Sigma [Energía + Procesos Industriales + ASUS + Residuos]$$

A partir del desarrollo de cada uno de los módulos planteados en IPCC 2006, para los sectores Energía, Procesos industriales, Agricultura, silvicultura, usos del suelo y Residuos (desechos IPCC). En Bogotá, la contabilización presentada a continuación se realizó para los sectores propuestos por el IPCC según directrices actualizadas en 2006 y los gases GEI directos, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

Exactitud y estimación de incertidumbre INVEGEIB 2008

En Bogotá se consideró que la aplicación de las directrices del IPCC 2006 permite ofrecer un grado de exactitud razonable en la estimación de emisiones de GEI. Sin embargo, pueden darse incertidumbres considerables en ciertas categorías de fuente y determinados gases, relacionados con la circunstancia local de información y factores de emisión, circunscrito a la elaboración del primer inventario de Gases Efecto Invernadero para la ciudad capital. En general, la incertidumbre del cálculo de estimación de emisiones está asociada a:

- El factor de emisión utilizado
- La calidad de la información base empleada en los cálculos

La consideración de la incertidumbre del inventario para la ciudad es importante para identificar aquellas áreas en donde puede haber una oportunidad significativa para mejorar el inventario, así como para establecer la incertidumbre del inventario en general. De ahí la importancia de documentar en forma sistemática la incertidumbre asociada al factor o modelo de emisión empleado, así como el grado de incertidumbre de la información base o de indicadores de actividad. En el inventario de Bogotá, la incertidumbre no se calculó por ninguna de las metodologías planteadas en las directrices metodológicas 2006 y las guías de buenas prácticas 2000 y 2003 del IPCC, ni la utilizada por la Academia Colombiana de Ciencias.

Por análisis de expertos realizadores del Inventario Nacional y el Inventario GEI regional (Bogotá-Cundinamarca), además del concepto técnico y científico de los autores del inventario para la ciudad, se propone adjudicar el valor de la incertidumbre en 48%, con un límite de confianza del 52%; teniendo como factores relevantes la utilización de las fuentes de información de las bases de datos locales y la certeza del mejoramiento continuo de los datos y cálculos de los inventarios para la ciudad.

Incertidumbres claves del Inventario de Bogotá y pasos siguientes

Existen algunos vacíos de información en este inventario, particularmente con respecto a las fuentes de emisión y gases emitidos en las diferentes categorías. Las tareas primordiales para resolver dichas lagunas consisten en analizar y actualizar la información sobre los generadores de emisiones, como la demanda y consumo de combustibles, el uso de energía eléctrica y la electricidad de las plantas hidroeléctricas, así como contar con información adicional sobre la segregación del consumo de diésel en la ciudad por modo de transporte (terrestre) y por año de inventario.

Aún es necesario perfeccionar los cálculos sobre el metano y dióxido de carbono generado y recuperado por las plantas de tratamiento de aguas domésticas. Igualmente, es necesario depurar las estimaciones sobre el secuestro de carbono de zonas arboladas privadas y especies florales de menos de un metro de altura; agregar el flujo neto de CO₂ en suelos agrícolas; agregar el flujo de CO₂ relacionado con otros cambios en el uso de suelo; y adicionar las subcategorías relevantes en los sectores de energía y procesos industriales para la contabilización de gases como el hexafluoruro de azufre y sustancias agotadoras de la capa de ozono.

A continuación se presenta el desarrollo de los módulos, categorías, subcategorías y gases GEI (IPCC 2006), identificados y contabilizados para Bogotá en la definición de la línea base sobre cambio climático.



1. MÓDULO DE ENERGÍA

La metodología IPCC revisión 2006, define esta categoría como todas las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que emanan de la combustión y las fugas de combustible.

Para Bogotá se asumen las emisiones GEI que proceden de la combustión de los combustibles fósiles, las actividades de fabricación de combustibles y las fugas en la manipulación de los mismos. En este sector se contabilizan las emisiones de los gases directos de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), provenientes de actividades de la quema de combustibles, emisiones fugitivas por fabricación de combustibles y el uso de energía eléctrica, acorde con la estructura presentada en la gráfica No.1.

Gráfica No. 2
Estructura del módulo de energía



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV, 2008-2012

Marco metodológico

La estimación de las emisiones de GEI directos para las subcategorías y subsectores derivados de las categorías: actividades de la quema de combustible, emisiones fugitivas por fabricación de combustibles y el uso de energía eléctrica en el sector energía, se fundamentó en la recopilación, revisión y evaluación de información básica constituida en la base de datos integrada a partir de los datos generados por: el Inventario de Emisiones por Fuentes Fijas (DAMA-INAMCO 2000-2001), el Inventario de Emisiones por Fuentes Fijas y Móviles (Secretaría Distrital de Ambiente – Universidad de los Andes 2008) y base de datos de seguimiento a fuentes fijas de la SDA en 2008. Asimismo, se consultó la información en las entidades e instituciones generadoras de información base. Ver tabla No.1

Tabla No. 1
Estructura de información módulo energía

| CATEGORÍA IPCC | SUBCATEGORÍA IPCC | NIVEL DE INFORMACIÓN METODOLOGÍA IPCC 2006 | FUENTES DE INFORMACIÓN | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|---|---|--|--|---|
| 1A. ACTIVIDADES QUEMA DE COMBUSTIBLE | 1.A.1 Industria de la energía | 1 Nivel: Factor emisión por defecto IPCC 2 Nivel: datos | Base de datos Integrada SDA | Cantidad y tipo de combustibles consumidos por actividad industrial |
| | 1.A.2 Industria manufacturera y construcción | 1 Nivel: Factor emisión por defecto IPCC 2 Nivel: datos | Base de datos Integrada SDA | Cantidad y tipo de combustibles consumidos por actividad industrial |
| | 1.A.3 Transporte | 1 Nivel: Factor de emisión por defecto IPCC 2 Nivel: datos | <ul style="list-style-type: none"> Estadísticas venta por departamentos, ECOPELROL 2008 Registro Distrital Automotor 2008, Secretaría Movilidad Estudio Comportamiento sector transporte, Universidad Nacional 2002 Empresas mantenimiento aeronáutico control aéreo | Cantidad y tipo de combustibles consumidos por el transporte Clasificación del parque automotor por combustible, clase, tecnología de control o modelo Promedio anual de rodamiento por clase de vehículo Estadísticas de operaciones aéreas en Bogotá |
| 1.B EMISIONES FUGITIVAS | 1.A.4 Otros sectores | 1 Nivel: Factor de emisión por defecto IPCC 2 Nivel: datos | Base de datos integrada SDA 2008, estadísticas 2008 SUI - SSP. | Cantidad y tipo de combustibles consumidos. Sector comercial/institucional y residencial |
| | 1.B.2 Petróleo y gas natural | 1 Nivel: Factor de emisión por defecto IPCC 2 Nivel: datos | Base de datos Integrada SDA 2008, estadística 2008SU - SSP1 | Millones de metros cúbicos distribuidos a usuarios finales |
| | Otros energía eléctrica (uso) | Nivel 3 Factor de emisión Colombia IPCC 3 Nivel: datos | Estadísticas 2008 SUI-SSP, resolución 180947 de 2010 Min. Minas y Energía | Datos consumo de energía eléctrica/ estratos Bogotá, Factor Emisión 0,2849Kg/CO2eq 2008 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Posteriormente en la etapa de elaboración y validación de los primeros cómputos realizados con base en la metodología IPCC 2006, se acudió a fuentes de información de otras instituciones gubernamentales y privadas (ver tabla No.1), con el objeto de examinar, completar y parametrizar la información obtenida, además de validar el procesamiento de los datos obtenidos. Adicionalmente, en el marco de implementación y reglamentación de diferentes iniciativas voluntarias, adoptadas por la ciudad para la mejora de eficiencia en el uso y consumo de energía eléctrica, se complementó el inventario base con el análisis y contabilización de las emisiones de CO₂ generadas en Bogotá por el uso de energía eléctrica en el sector económico de servicios.

A continuación se describen las categorías, subcategorías y subsectores identificados en el marco de la información recopilada, y la metodología a aplicar en Bogotá para la contabilización de las emisiones GEI en el módulo de energía.

1A. Actividades de la quema de combustible

Para la categoría **actividades de quema del combustible**, las directrices del IPCC sugieren como definición: las emisiones de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para calentar y proporcionar calor a un proceso como calor o como trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato, tanto para la combustión móvil como estacionaria; para el Distrito Capital se contabilizaron las categorías de:

Industrias de la energía (subcategoría 1A1), *industrias manufactureras y de la construcción* (subcategoría 1A2), *transporte* (subcategoría 1A3) y *otros sectores* (subcategoría 1A4) - sector comercial e institucional, sector residencial y sector agrícola.

Tabla No. 2
Categoría 1A – Actividades de la quema de combustible

| | Categoría IPCC | tCO₂ | tCH₄ | tN₂O | tCO₂ eq | % |
|------|--|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------|
| 1A1c | Manufactura de combustibles sólidos | 37.00 | 0.04 | 0.00 | 38.92 | 0.00 |
| 1A2a | Hierro y acero | 13,156.66 | 0.87 | 0.12 | 13,213.02 | 0.16 |
| 1A2b | Metales no ferrosos | 8,314.15 | 0.45 | 0.07 | 8,346.49 | 0.10 |
| 1A2c | Productos químicos | 74,564.64 | 2.18 | 0.21 | 74,675.18 | 0.93 |
| 1A2d | Pulpa, papel e imprenta | 33,848.60 | 3.48 | 0.17 | 33,972.90 | 0.42 |
| 1A2e | Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco | 376,046.94 | 16.97 | 1.76 | 376,949.10 | 4.70 |
| 1A2f | Minerales no metálicos | 178,092.31 | 52.78 | 3.14 | 180,173.29 | 2.24 |
| 1A2g | Equipo de transporte | 78,013.43 | 1.52 | 0.15 | 78,092.15 | 0.97 |
| 1A2h | Maquinaria | 65,434.60 | 1.90 | 0.20 | 65,535.25 | 0.82 |
| 1A2i | Minería y cantería | 93.57 | 0.01 | 0.00 | 94.06 | 0.00 |
| 1A2j | Madera y productos de la madera | 3,666.52 | 1.89 | 0.08 | 3,730.73 | 0.05 |
| 1A2k | Construcción | 358.75 | 0.04 | 0.01 | 361.38 | 0.00 |
| 1A2l | Textiles, cueros, plásticos y caucho | 237,238.54 | 11.96 | 1.58 | 237,980.73 | 2.96 |
| 1A2m | Industria no especificada | 69,471.29 | 11.06 | 0.33 | 69,806.96 | 0.87 |
| 1A3a | Transporte aéreo | 227,595.93 | 14.91 | 7.39 | 230,198.98 | 2.87 |
| 1A3b | Transporte terrestre | 4,576,281.29 | 4,865.08 | 492.83 | 4,831,224.66 | 60.18 |
| 1A4a | Comercial | 252,475.55 | 36.33 | 0.62 | 253,429.94 | 3.16 |
| | Institucional | 1,021,017.41 | 134.90 | 7.92 | 1,026,306.85 | 12.78 |
| 1A4b | Residencial | 539,850.66 | 48.36 | 0.97 | 541,165.97 | 6.74 |
| 1A4c | Agricultura / silvicultura / pesca | 3,298.62 | 0.30 | 0.01 | 3,306.66 | 0.04 |
| | Total | 7,758,856.48 | 5,205.02 | 517.55 | 8,028,603.25 | 100 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1A1. Industrias de la energía

Esta subcategoría contabiliza las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles y/o por las industrias de producción energética. La estimación en el Distrito se realizó para las empresas de fabricación de combustibles sólidos (subcategoría 1A1c) (tabla No. 3) e incluyó a empresas que realizan manufactura de combustibles sólidos en 8 de las localidades en el año 2008 (Fontibón, Ciudad Bolívar, Kennedy, Engativá, Usme, Bosa Usaquén y Rafael Uribe Uribe) y representadas por 37 empresas con código CIIU C1020, en las cuales se generaron emisiones por quema de combustibles durante la producción de carbón vegetal.

Tabla No. 3
Subcategoría 1A1 - Industrias de la energía

| Sector IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A1c | Manufactura de combustibles sólidos | 37.00 | 0.04 | 0.0037 | 38.92 |
| Total | | 37.00 | 0.04 | 0.0037 | 38.92 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1A2. Industria manufacturera y de la construcción

Esta subcategoría es definida por las emisiones de la quema de combustibles en la industria, e incluye la quema de combustibles para la generación de electricidad y calor para el uso propio de las mismas. Los datos utilizados para el desarrollo de la subcategoría, correspondió a la base de datos integrada y la información sobre consumo de combustibles del sector manufacturero, según el marco de la “Mesa Técnica Institucional de Trabajo en Cambio Climático” de la SDA. Se dispuso de un total de 6137 registros, de los cuales 3643 corresponden a registros con código CIIU de industria manufacturera y de la construcción (Chaparro, 2009).

1A2a. Hierro y acero

En este subsector fueron incluidas 84 industrias en la contabilización de las emisiones GEI, de las cuales el 69,04% correspondió a la clase industrias básicas de hierro y acero y el 30.96% restantes corresponden a industrias clase CIIU - 2731- empresas de fundición de hierro y del acero. El resultado de emisiones de CO₂eq para el sector correspondió a 13.213.02 tCO₂eq.

1A2b. Metales no ferrosos

La información la constituyen 77 empresas que realizan actividades clasificadas en la clase CIIU – 2729 industrias básicas de otros metales no ferrosos y en la clase CIIU - 2732 - fundición de metales no ferrosos; en total en el sector se contabilizaron emisiones de 8.346.49 tCO₂eq.

1A2c. Productos químicos

Para esta actividad se contabilizaron 272 registros de empresas correspondientes a la clasificación CIIU - división 24 fabricación de sustancias y productos químicos, con un porcentaje de participación del 27.2% para empresas de fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador; 25% para empresas clasificadas como empresas de fabricación de productos farmacéuticos,



sustancias químicas medicinales y productos botánicos, 19.4% para empresas de la clasificación fabricación de otros productos químicos, categoría CIIU no clasificado previamente (n.c.p.); y 12.5% para empresas de fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas. El resultado de emisiones de CO₂eq para el sector correspondió a 74.675.18.

1A2d. Pulpa, papel e imprenta

Para este subsector se contó con información de 51 empresas, de las cuales 19 corresponden a empresas clasificación CIIU de actividades de impresión, 10 empresas a fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón y 4 empresas a la categoría actividades de servicios relacionadas con impresión. En total en el sector se contabilizaron emisiones de 33.972.90 tCO₂eq.

1A2e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco

Para el cálculo en el inventario se contabilizaron 866 empresas que pertenecían al CIIU del sector, las cuales corresponden a registros de empresas ubicadas en 18 localidades del Distrito. Los anteriores registros lo constituyen en un 95% empresas clasificación CIIU elaboración de productos alimenticios, y el porcentaje restante a empresas de la codificación elaboración de bebidas. El resultado de emisiones de CO₂eq para el sector correspondió a 376.949.10 tCO₂eq.

1A2f. Minerales no metálicos

En este subsector se incluyó el cálculo de emisiones para 159 establecimientos, los cuales se encuentran en la división 23 del CIIU versión 4.0, fabricación de otros productos minerales no metálicos, de las cuales el 53% correspondió a empresas de Clase 2392 fabricación de materiales de arcilla para la construcción, ubicadas principalmente en las localidades de Ciudad Bolívar, Usme, Rafael Uribe y San Cristóbal. En total en el sector se contabilizaron emisiones de 180.173.29 tCO₂eq.

1A2g. Equipos de transporte

El subsector conto con información de 130 industrias de las divisiones CIIU fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques, y empresas de fabricación de otros tipos de equipo de transporte, entre las cuales el 63% correspondió a empresas de fabricación de partes, piezas (autopartes), accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores, y el 21.5% fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques. El resultado de emisiones en tCO₂eq para el sector correspondió a 78.092.15.

1A2h. Maquinaria

Incluye productos de metal fabricados, maquinaria y equipos que no sean de transporte, con registros para 652 empresas; el 21% corresponde a empresas clasificación CIIU fabricación de productos metálicos para uso estructural, el 19% a empresas de fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionadas con el trabajo de metales, 18.7% a empresas de fabricación de otros productos elaborados de metal no clasificadas previamente (n.c.p.) y el 16.5% a empresas tratamiento y revestimiento de metales. En total en el sector se contabilizaron emisiones de 65.535.25 tCO₂eq.

1A2i. Minería y cantería

Se contabilizaron 9 empresas, correspondientes a la clasificación CIIU 1411 extracción de piedra, arena y arcillas comunes, ubicadas en las localidades de Ciudad Bolívar y Usme. El resultado de emisiones de CO₂eq para el sector correspondió a 94.06 tCO₂eq.

1A2j. Construcción

En este subsector se calculó emisiones GEI con información de 31 empresas, las cuales corresponden en su gran mayoría a empresas del Grupo CIIU terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil. El resultado de emisiones de CO₂eq para el sector correspondió a 361.38 toneladas.

1A2k. Madera y productos de la madera

Se dispuso de registros de 138 empresas, conformadas en un 29% por industrias clasificación CIIU como aserrado, cepillado e impregnación de la madera, en un 27.5% por empresas categoría fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones y en un 30.4% por empresas de fabricación de otros productos de madera, de artículos de corcho, cestería y espartería. En total en el sector se contabilizaron emisiones de 3.730.73 tCO₂eq.

1A2l. Textiles y cuero

Para el subsector de textiles y cuero se incluyeron 469 registros entre los cuales el 51% correspondió a empresas clasificadas CIIU como empresas de confección de prendas y el 49% restante a empresas de curtido, adobo de cueros, fabricación de calzado, fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos y similares; artículos de talabartería y guarnicionería. En total en el sector se contabilizaron emisiones de 237.980,73 tCO₂eq.

Tabla No.4

1A2. Industrias manufacturera y de la construcción

| Sector IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|--------------|--|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A2a | Hierro y acero | 13.156,66 | 0,87 | 0,12 | 13.213,02 |
| 1A2b | Metales no ferrosos | 8.31415 | 0,45 | 0,07 | 8.346,49 |
| 1A2c | Productos químicos | 74.564,64 | 20,18 | 0,21 | 74.675,18 |
| 1A2d | Pulpa, papel e imprenta | 33.848,60 | 3,48 | 0,17 | 33.972,90 |
| 1A2e | Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco | 376.046,94 | 16,97 | 1,76 | 376.949,10 |
| 1A2f | Minerales no metálicos | 178.092,31 | 52,78 | 3,14 | 180.173,29 |
| 1A2g | Equipo de transporte | 78.013,43 | 1,52 | 0,15 | 78.092,15 |
| 1A2h | Maquinaria | 65.434,60 | 1,90 | 0,20 | 65.535,25 |
| 1A2i | Minería y cantería | 93,57 | 0,01 | 0,00 | 94,06 |
| 1A2j | Madera y productos de la madera | 3.666,52 | 1,89 | 0,08 | 3.730,73 |
| 1A2k | Construcción | 358,75 | 0,04 | 0,01 | 361,38 |
| 1A2l | Textiles y cuero | 237.238,54 | 11,96 | 1,58 | 237.980,73 |
| 1A2m | Industria no especificada | 69.471,29 | 11,06 | 0,33 | 69.806,96 |
| Total | | 1.138.300,00 | 123,11 | 7,82 | 1.142.931,24 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012



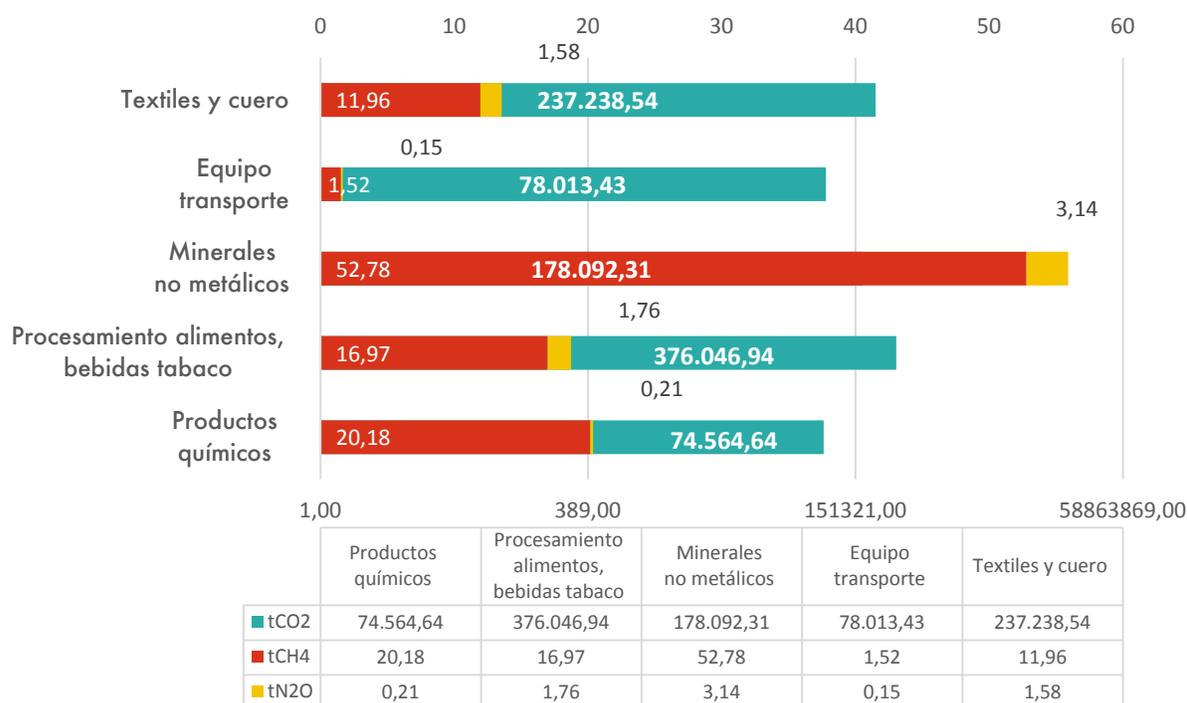
1A2m. Industria no especificada

Para esta subcategoría, según la aplicación de la definición expuesta por la metodología IPCC 2006, establece el cómputo de las empresas no incluidas en los subsectores anteriores o para las cuales no existen datos por separado, e incluye las divisiones CIIU 25, 33,36 y 37. En el Distrito para esta clasificación se contabilizaron 706 registros, de empresas ubicadas en 18 de las localidades, con clasificación CIIU, códigos 2510, 2511, 2512, 2513, 2519, 2520, 2521, 2529, 3310, 3311, 3610, 3611, 3612, 3613, 3614, 3619, 3692, 3693, 3694, 3699, 3710 y 3720. Para esta categoría se consolidaron emisiones GEI por 69.806,96 toneladas de CO₂eq.

Los resultados para la subcategoría de industria manufacturera y de la construcción se muestran en la tabla No. 4, en la cual se despliegan los totales por sectores manufactureros y subsectores IPCC 2006, con el total de emisiones por tipo de gas de efecto de invernadero directo CO₂, CH₄ y N₂O; además del dato de su equivalente por el potencial de calentamiento global en toneladas de CO₂ equivalente.

La gráfica No.3 presenta los subsectores IPCC 2006 y sectores industriales con mayores emisiones, en la que se destaca con un total de 376,046.94 toneladas de emisiones de CO₂ por el procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco y para emisiones de CH₄ y N₂O, el sector con mayor aporte de emisiones correspondió a minerales no metálicos con 52.78 y 3.14 toneladas respectivamente.

Gráfica No.3
1A2 Industria manufacturera y de la construcción
Subsectores emisiones GEI 2008



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1A3. Transporte

Los resultados de emisiones de GEI por fuentes móviles (tabla No.5) incluyen aquellas provenientes de la quema y gases de resultado de la combustión y evaporación de combustibles en todas las actividades del transporte. Para el Distrito Capital se contabilizaron las subcategorías de transporte aéreo y transporte terrestre.

Tabla No.5
Subcategoría transporte - Emisiones GEI (CH₄, CO₂ y N₂O)

| Sector IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------|------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A3 | Transporte | 4,803,877.22 | 4,879.99 | 500.22 | 5,061,423.64 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1A3a. Sector transporte aéreo

Las emisiones procedentes de la aviación son el resultado de la quema del combustible de reactores y gasolina para aviación. Estas emisiones dependen de la cantidad y naturaleza de las operaciones de la aeronaves, los tipos y la eficiencia de los motores, el combustible utilizado, la duración del vuelo, la configuración de potencia, el tiempo usado para cada etapa del vuelo y en menor medida la altitud a la cual se emiten los gases.

En el inventario de Bogotá, para la estimación de emisiones GEI procedentes de la aviación, se obtuvo información sobre: la cantidad de operaciones de LTO por cada tipo de aeronave en el periodo base de estimación y el consumo de combustible mediante las estadísticas que publica ECOPEPETROL sobre venta de combustibles, específicamente la venta de jet fuel para Bogotá – Aeropuerto El Dorado. El cálculo del combustible consumido se calculó con base en la eficiencia del combustible y el recorrido en el Espacio Aéreo Bogotano (EAB) para cada tipo de aeronave referenciada circulando en la ciudad; por lo que todas las emisiones aquí contabilizadas se consideran locales (Chaparro, 2009).

Los datos finales alcanzados y presentados en la tabla No.6 se obtuvieron a partir de la aplicación de la metodología IPCC revisión 2006 (volumen 2, capítulo 3), propuesta para la subcategoría, usando factores de emisión por defecto para CO₂, CH₄ y N₂O (IPCC cuadro 3.6.4, 3.6.5 y 3.6.9.), considerando que estos están dados, verificados y validados para cada tipo de aeronave.

Como resultado para Bogotá en 2008, se contabilizaron los siguientes totales de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O representadas en toneladas de CO₂ equivalente por este subsector:

Tabla No. 6
Subsector transporte aéreo - Emisiones GEI (CH₄, CO₂ y N₂O)

| Sector IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A3a | Transporte Aéreo | 227,595.93 | 14.91 | 7.39 | 230,198.98 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012



1A3b Transporte terrestre

Esta subcategoría incluye las emisiones de quema y evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluidos los vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.

Para el inventario 2008 se calcularon las emisiones emanadas por la quema de combustibles en vehículos terrestres, sobre carreteras o vías diseñadas; el cálculo de emisiones de CO₂, con base en el combustible consumido (representado por el combustible vendido); y para el emisiones de CH₄ y N₂O mediante el promedio de rodamiento por periodo de estimación para cada tipo de vehículo, multiplicado por un factor de emisión para la misma clasificación vehicular (Chaparro, 2009).

Para la estimación de emisiones de CO₂ se tomaron de las estadísticas que la UPME recopila con base en los reportes de sobretasa a los combustibles líquidos y datos de consumo mensual para los siguientes combustibles: ACPM (mejor conocido como diésel), gasolina corriente, gasolina corriente oxigenada, gasolina importada, gasolina extra y gasolina extra oxigenada. Los datos de consumo de gas natural vehicular por el sector transporte se obtuvieron gracias a estadísticas del Consejo Nacional de Operación de Gas Natural – CNO gas, órgano asesor del Ministerio de Minas y Energía, la Comisión de Regulación de Energía y Gas, así como de las empresas y remitentes del servicio público de gas natural (Chaparro, 2009).

Los datos de consumo de combustibles por el sector de transporte terrestre para el año 2008 (tabla No. 7) se utilizaron para la estimación de emisiones de CO₂. Inicialmente, se realizó la conversión a unidades de energía (utilizando los valores calóricos de combustibles colombianos establecidos por la UPME), y luego se aplicó los valores de contenido de carbono para cada tipo de combustible, considerando la fracción de combustible oxidada (Chaparro, 2009).

Tabla No.7
Consumo combustibles sector transporte Bogotá D.C.

| Combustible | Unidad de consumo | Cantidad vendida para el transporte en Bogotá 2008 |
|-------------------------------------|---------------------|--|
| Diésel (corriente y extra) | Galones / Año | 201.852.789 |
| Gasolina (corriente y extra) | Galones / Año | 235.000.285 |
| Alcohol carburante | Galones / Año | 22.148.133 |
| Gas Natural vehicular (GNV) | m ³ /Año | 213.072.596 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Para la estimación del CH₄ y del N₂O se utilizó la información sobre la cantidad, clasificación por tipo y combustible de los vehículos del parque automotor de Bogotá, con información suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad; tal información hace parte del RDA (Registro Distrital Automotor). La misma fuente de información estima que el parque automotor rodante en Bogotá y no matriculado en esta ciudad equivale al 35% de la cantidad de vehículos con placas de la capital del país. Sin embargo, a criterio del autor y para efectos del cálculo de emisiones, el total del parque automotor de Bogotá se incrementó únicamente en 30%, teniendo en cuenta que también hay vehículos matriculados en Bogotá que circulan permanentemente en otras ciudades (Chaparro, 2009).

Como resultado de la subcategoría, se registró un total de emisiones 4,831.224.66 millones de toneladas de CO₂eq, que corresponden al 59% del total de emisiones de CO₂eq en la categoría de actividades de quema de combustibles y al 44.11% del total de las emisiones de CO₂eq calculadas en el inventario Distrital 2008 (ver tabla No.8).

Tabla No.8
Emisiones GEI subcategoría transporte terrestre

| Sector IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A3b | Transporte terrestre | 4,576,281.29 | 4,865.08 | 492.83 | 4,831,224.66 |
| | Total | 4,576,281.29 | 4,865.08 | 492.83 | 4,831,224.66 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1A4. Otros sectores

En esta subcategoría se incluyen las emisiones generadas por las actividades de quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales, hogares, agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras.

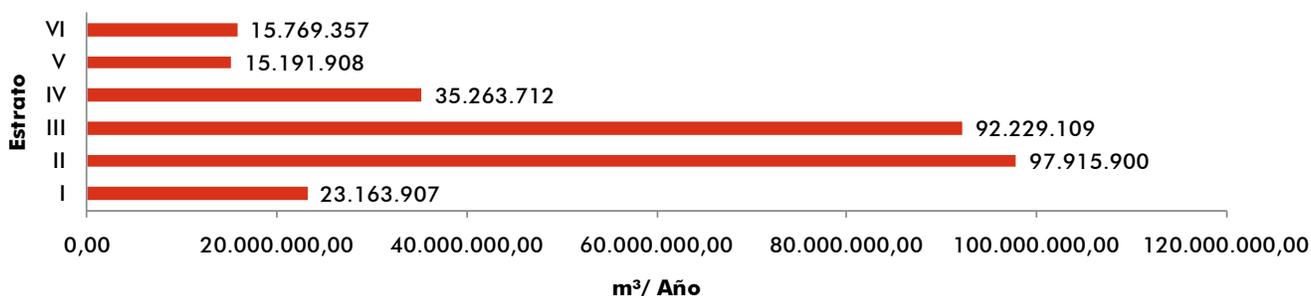
1A4a. Sector comercial/institucional

En esta subcategoría 1A4a se contabilizaron las emisiones generadas en los subsectores comercial e institucional para el inventario referente 2008, a partir de la agrupación de registros de la base de datos integrada del consumo por tipo de combustible para cada una de ellas (Chaparro, 2009). La participación del sector comercial la constituyó un total de 253.429.94 toneladas de CO₂eq y 1.026.306.85tCO₂eq.

1A4b. Sector residencial

Para el sector residencial únicamente se contó con información sobre consumo de gas natural por suscriptores de cada estrato; esta información se tomó del Sistema Único de Información (SUI) (estadísticas 2008) de la Superintendencia de Servicios Públicos. Es importante resaltar que el gas natural es el combustible de mayor demanda por el sector residencial de Bogotá, y su consumo por estratos residenciales se presenta en la gráfica No.4.

Gráfica No.4
Consumos gas natural por estratos 2008 – Bogotá D.C. Estadísticas 2008 - SUI.



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Los datos de consumo de cada combustible se expresan en unidades de energía (GJ o TJ), mediante la utilización de valores calóricos de combustibles colombianos establecidos por la UPME, para obtener un dato de consumo de cada combustible en unidades de energía compatibles con las unidades de los valores por defecto del contenido de carbono; para el cálculo de emisiones de CO₂ (cuadro 1.3 - volumen 2. capítulo 1 - directrices del IPCC 2006) y de los factores de emisión por defecto; para el cálculo de emisiones de CH₄ y N₂O (cuadro 2.5 - volumen 2. capítulo 2 - directrices del IPCC 2006) (Chaparro, 2009).

1A4c Sector agricultura, silvicultura y pesca

En este sector se agruparon los registros de la base de datos integrada, cuyo código CIU se ubica dentro de los grupos A01, A02 y B05. De esta manera se halló un total de cuatro registros para los cuales únicamente se reporta consumo de gas natural. Pese a ser una cantidad pequeña de establecimientos en este sector, en comparación con la cantidad de establecimientos de otros sectores (en lo referente a la base de datos considerada), su consumo es altamente representativo frente al de otros sectores, llegando a 1'708.022,4 metros cúbicos de gas natural en el año 2008 (Chaparro, 2009).

En total la subcategoría registro 1, 824,209.42 millones de emisiones de toneladas de CO₂eq (ver tabla No 9), con especial aporte del sector institucional para los GEI directos contabilizados.

Tabla No.9
Emisiones GEI (CH₄, CO₂ y N₂O) subcategoría otros sectores

| SUBCATEGORÍA IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------------|------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1A4a | Comercial | 252,475.55 | 36.33 | 0.62 | 253,429.94 |
| | Institucional | 1,021,017.41 | 134.90 | 7.92 | 1,026,306.85 |
| 1A4b | Residencial | 539,850.66 | 48.36 | 0.97 | 541,165.97 |
| 1A4c | Agricultura / silvicultura / pesca | 3,298.62 | 0.30 | 0.01 | 3,306.66 |
| Total | | 1,816,642.24 | 219.89 | 9.52 | 1,824,209.42 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

1B. Emisiones fugitivas por fabricación de combustible (categoría)

Incluye emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final.

Las emisiones fugitivas consideradas en el inventario 2008, corresponden a las resultantes de la manipulación de combustibles en Bogotá, y específicamente a las operaciones de distribución realizadas dentro de la ciudad para llevar el gas natural a los usuarios finales industriales, comerciales, institucionales, residenciales u otros (Chaparro, 2009).

Los datos de cantidad de combustible vendido (para este caso gas natural) y por ende distribuido, corresponden a la sumatoria de los consumos por los sectores industrial, comercial/institucional y residencial, provenientes de la base de datos integrada de inventarios anteriores y de las estadísticas 2008 del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos, a lo que se suma la participación de consumo por vehículos que operan con gas, reportada en estadísticas del Consejo Nacional de Operación de gas natural – CNO gas (Chaparro, 2009).

Los factores de emisión empleados son los factores por defecto propuestos por IPCC para distribución de gas del nivel 1 y expresados en Gg de CO₂ y CH₄ por millones de m³ de combustible vendido, los cuales no proponen factor de emisión para el N₂O (cuadro 4.2.5 capítulo 4 emisiones fugitivas módulo de energía IPCC 2006) (Chaparro, 2009). Como resultados de los cálculos se obtuvo total de emisiones de CO₂eq de 3,446.61 toneladas (ver tabla No.10).

Tabla No.10
Emisiones GEI (CH₄, CO₂ y N₂O)

| 1B Emisiones fugitivas por fabricación de combustibles | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Subcategoría IPCC 2006 | Gases | | | |
| | tCO₂ | tCH₄ | tN₂O | tCO₂ eq |
| 1B2 Petróleo y gas natural | 1,630.24 | 86.49 | 0.00 | 3,446.61 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Otros. Energía eléctrica

El cálculo para emisiones GEI de energía eléctrica por uso se incluyó en el inventari blece en 0,2849 kg CO₂eq / Kwh (Tinoco, 2011).

La información de consumo de energía eléctrica se obtuvo del Sistema Único de Información (SUI) relacionada por estratos. Los datos obtenidos se muestran en la tabla No. 11.

Tabla No.11
Consumos de energía eléctrica por estratos en el año 2008

| Sector | Consumo 2008 | Unidades |
|-------------------------|----------------------|-----------------|
| | | (Kwh/año) |
| Residencial | Estrato I | 202.415.117 |
| | Estrato II | 1.117.538.589 |
| | Estrato III | 1.282.173.737 |
| | Estrato IV | 484.504.168 |
| | Estrato V | 226.947.433 |
| | Estrato VI | 259.087.270 |
| Subtotal | 3.572.666.314 | Kwh/año |
| Industrial | 2.205.591.782 | Kwh/año |
| Comercial/Institucional | 3.117.058.100 | Kwh/año |
| Total | 8.895.316.196 | Kwh/año |

Fuente: Sistema Único de Información (SUI, 2008) (Tinoco, 2011)

Como resultado de los cálculos se obtuvo un total de emisiones de CO₂eq de 2'534,275.58 toneladas por consumo de energía eléctrica en 2008 (ver tabla No.12).

Tabla No.12
Subsector Energía Eléctrica - consumo

| Subsector Energía Eléctrica consumo | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Subcategoría | Gases | | | |
| | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
| Energía eléctrica (uso) | 2.534.275.58 | 0.00 | 0.00 | 2.534.275.58 |
| Total | 2.534.275.58 | 0.00 | 0.00 | 2.534.275.58 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

En la tabla No. 13 se presentan los resultados de emisiones GEI, obtenidos para los subsectores residencial, industrial y comercial/institucional por el uso de energía eléctrica, los cuales se obtuvieron a partir de la información del SUI y el factor de emisión aplicado en Colombia (Tinoco, 2011).

Tabla No.13
Consumo y emisiones GEI de energía por subsectores

| Sector | Consumo 2008 | Factor de emisión Colombia | Emisión tCO ₂ eq |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Kwh/año | kgCO ₂ - eq/Kwh | |
| Residencial | 3.572.666.314 | 0,2849 | 1.017.852,63 |
| Industrial | 2.205.591.782 | 0,2849 | 628.373,10 |
| Comercial/ Institucional | 3.117.058.100 | 0,2849 | 888.049,85 |
| Total | 8.895.316.196 | 0,2849 | 2.534.275,58 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Resultados por categoría y gas

En Bogotá los resultados totales de emisiones calculadas para el módulo de energía fueron de 10.566.325,44 tCO₂ equivalente, donde la participación por categoría fue así: actividades de quema de combustibles (1A) 8.028.603.25 tCO₂eq, emisiones fugitivas de fabricación de combustibles (1B) 3.446.61 tCO₂eq; y energía eléctrica (uso) 2.534.275.58 tCO₂eq.

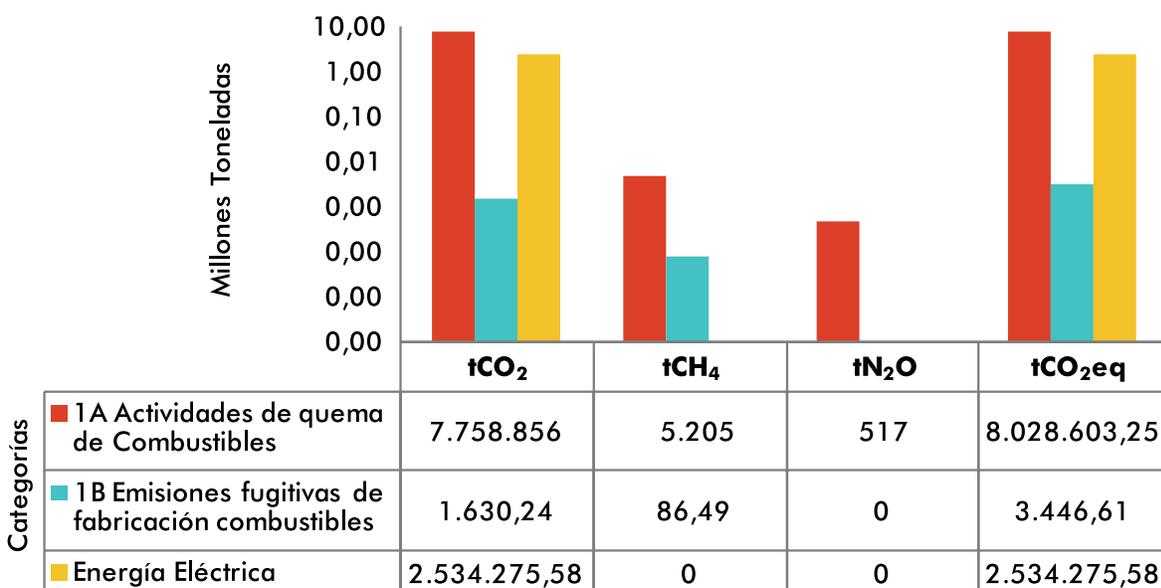
Los datos para cada Gas de Efecto de Invernadero directo estimado arrojó un total de 10.294.762,30 toneladas para el dióxido de carbono, 5.291,52 para el metano y 517,55 para el óxido nitroso (ver gráfica No.5); obtenidas a partir de la consolidación de los resultados totales por gas emitido en cada categoría (ver gráfica No.5), consolidada a partir de la ecuación:

$$\text{Emisiones CO}_2\text{eq EnergíaB} = \Sigma[(t \text{ CO}_2 * 1) + (t \text{ CH}_4 * 21) + (t \text{ N}_2\text{O} * 310)]$$

$$\text{Emisiones CO}_2\text{eq EnergíaB} = \Sigma[(10.294.762.30 * 1) + (5.291.52 * 21) + (517.55 * 310)]$$

$$\text{Emisiones CO}_2\text{eq EnergíaB} = 10.566.325.44 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

Gráfica N°5
Total emisiones generadas
Modulo energía 2008 -Metodología IPCC 2006



: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Resultados de gases por localidades

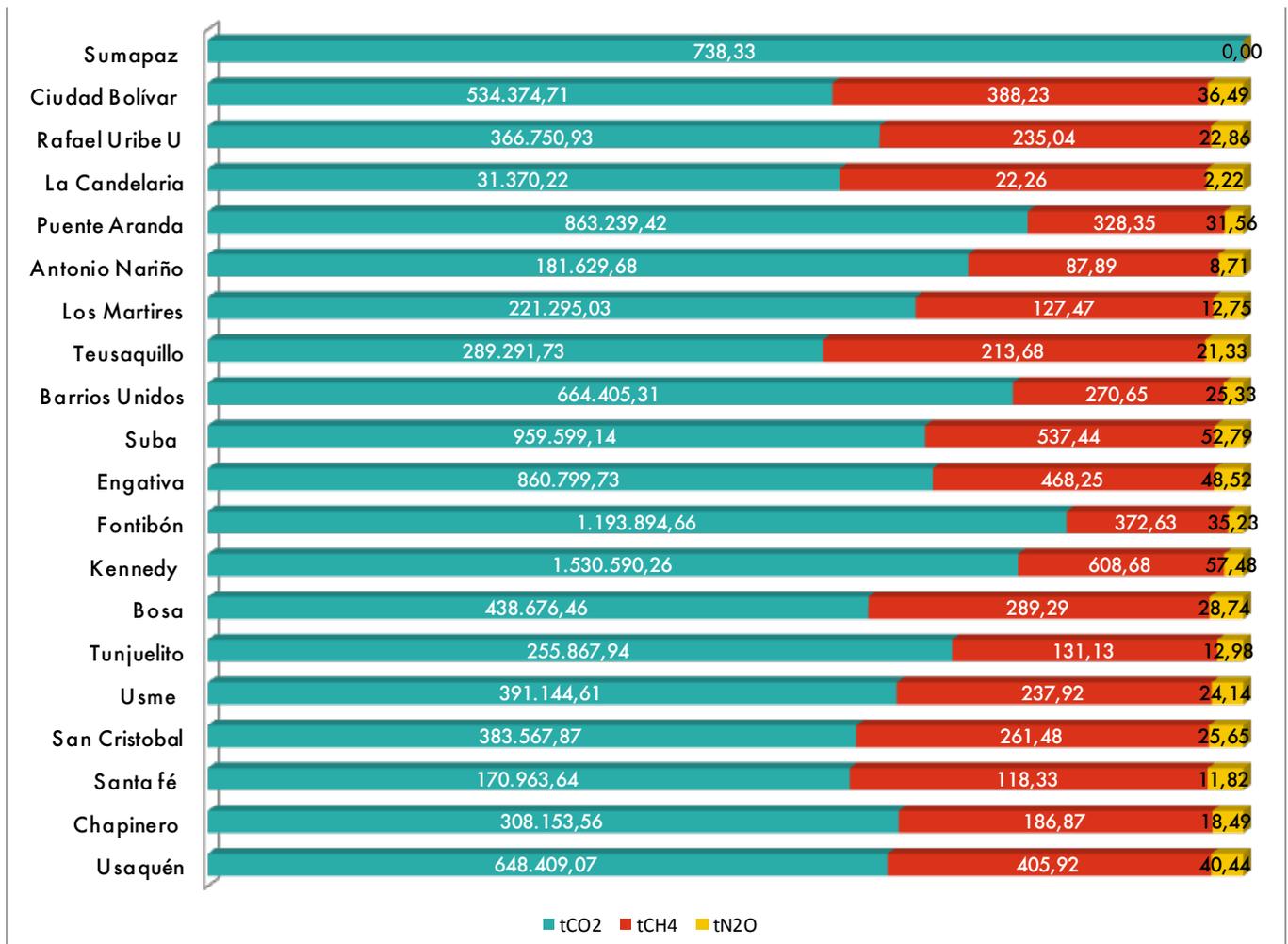
Para el inventario de emisiones 2008 en el sector energía IPCC 2006, se realizó la contabilización de los Gases de Efecto de Invernadero directos óxido nítrico (N₂O), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), para las localidades del Distrito Capital.

Las emisiones de dióxido de carbono que contabilizaron mayor número de emisiones en las localidades, correspondieron a Kennedy, Fontibón y Suba con 1 '530,550.3, 1 '193,894.7 y 959,599.1 tCO₂ respectivamente (ver gráfica 6).

En relación a emisiones de óxido nítrico (N₂O), las localidades que contabilizaron mayor número de emisiones corresponden a Suba y Kennedy, con 52.79 y 52.48 tN₂O respectivamente. Los mayores valores de emisiones de metano (CH₄) correspondieron a las emisiones de las localidades de Kennedy y Suba, con 608.68 y 537.44 tCH₄ respectivamente (ver gráfica 6).



Gráfica No.6
Emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O por localidades de Bogotá D.C.
Módulo energía



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

De los anteriores resultados es importante destacar que de las 20 localidades del Distrito Capital, Kennedy, Fontibón, Puente Aranda y Suba generaron 4'547.323.5 de tCO₂, es decir representan el 27.9% del total de emisiones calculadas en el módulo de energía en el Inventario de Emisiones GEI para el año 2008.

2. MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES (IPCC 2006)

Acorde con el IPCC en sus guías metodológicas revisión 2006, la estimación de las emisiones GEI generadas por los procesos industriales se realizan conforme a las materias primas y compuestos específicos que son utilizados o transformados física o químicamente para la producción de bienes, con tecnologías diferentes a la quema de combustibles.

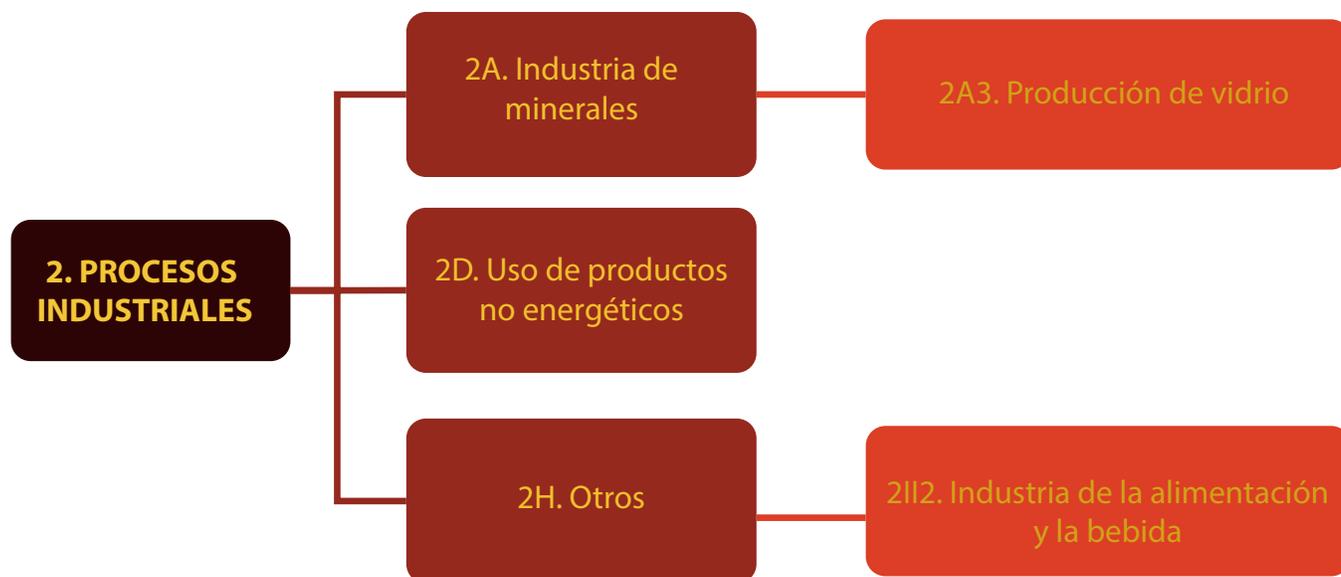
En el caso de Bogotá, se estimaron las emisiones de los gases de efecto invernadero directos como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), provenientes de los procesos de la industria de minerales y del uso de productos no energéticos. Igualmente, en este módulo se contabilizaron emisiones de Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) generados en los procesos de la industria de alimentos y bebidas IPCC 1996 y 2006.

Marco metodológico

Para la evaluación de las emisiones GEI generadas por estas actividades, se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información existente en la SDA que fuera útil para los fines de la definición de las categorías y subcategorías de fuente a aplicar, conjuntamente con la caracterización de la industria de la ciudad, en concordancia con la guía metodológica IPCC revisión 2006; además se tomó en cuenta la orientación del IPCC sobre las buenas prácticas (PULIDO, Ana Derly 2010) y la gestión de incertidumbre y control de calidad en los inventarios de Gases de Efecto Invernadero, (Rodriguez, M. 2012).

Gráfica N°7

Estructura metodológica IPCC directrices 2006 Categorías de fuente módulo procesos industriales aplicadas para Bogotá



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Para la identificación del nivel de información y fuentes de datos a utilizar, en primera instancia se revisaron dos inventarios de emisiones de contaminantes criterio realizados en años anteriores por INAMCO y la Universidad de los Andes. También se utilizó la información recolectada por el grupo de fuentes fijas de la SDA hasta el 31 de diciembre de 2008. Adicionalmente, se estableció la necesidad de acudir a fuentes de información de otras entidades del orden local, regional y nacional, con el objetivo de confrontar los datos recopilados y seleccionados de la siguiente forma:

Tabla N° 14

Estructura de la metodología aplicada en Bogotá, categorías IPCC, nivel y fuentes de información

| CATEGORIA IPCC | SUBCATEGORIA IPCC | NIVEL DE INFORMACIÓN METODOLOGÍA IPCC 2006 INVENTARIO GEI BOGOTÁ 2008 | FUENTES DE INFORMACION | INFORMACION UTILIZADA |
|---|---|--|---|---|
| 2A. Industria de minerales | 2A3 Producción de vidrio | Nivel 1 | Base de datos unificada, inventario emisiones años anteriores SDA, INAMCO y Universidad de los Andes e información fuentes fijas de la SDA, al el 31 de diciembre de 2008 | Datos de producción en cada empresa identificada en Bogotá |
| | | Nivel 2 | Guías IPCC 2006 | Datos por localidad Factor de emisión por defecto IPCC para cada tipo de vidrio Proporciones de <i>cullet</i> empleadas en cada empresa de Bogotá |
| 2D Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes | 2D1 Uso de lubricantes | Nivel 2 | Encuesta Anual manufacturera elaborada por el DANE, módulo de estadísticas de consumo de productos | Datos de consumo de productos en kilogramos anual de producción de lubricantes |
| 2H Otros | 2H2 Industria de alimentos y bebidas | Nivel 1 | Encuesta anual Manufacturera | Datos de producción agregados para la ciudad |
| | | Referente guías IPCC 1996 y 2006 | Base de datos integrada SDA | Factor de emisión por defecto IPCC Se obtuvo emisiones por localidad |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Posteriormente, se recopilan los datos en una base de datos integrada consiguiendo de esta manera 5.885 registros, con los cuales se obtuvo parte de la información requerida para el cálculo. Adicionalmente, en la etapa de ejecución y revisión de los primeros cómputos realizados, se acudió a fuentes de información de otras instituciones gubernamentales y privadas (ver tabla No.14), con el objeto de confrontar, complementar y parametrizar la información, además de validar el procesamiento de los datos obtenidos.

A continuación se describen las categorías y subcategorías asumidas para Bogotá en este módulo para la contabilización de las emisiones GEI.

2A. Emisiones de la industria de los minerales

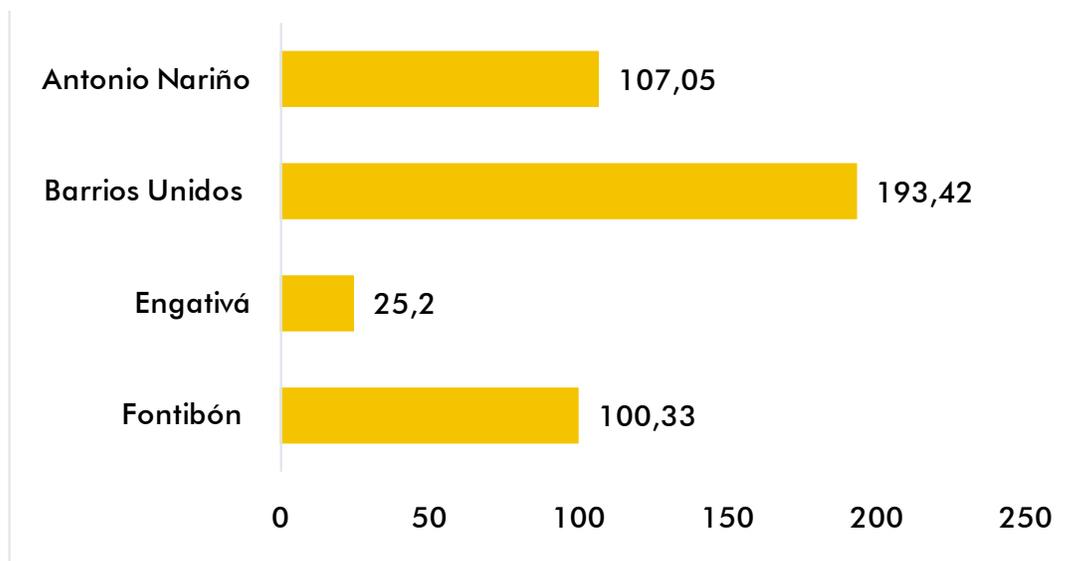
En esta categoría la atención se centra en las emisiones que resultan de la calcinación de materiales carbonatados. Aunque el proceso principal, a través del cual se liberan emisiones por calcinación, es similar entre las diversas categorías de fuente de la industria de los minerales, el énfasis se pone en tres de ellas, pues sus contribuciones a las emisiones mundiales son relativamente importantes (IPCC guías 2006). Para Bogotá, la subcategoría fuente contabilizada con datos locales es la producción de vidrio.

2A3. Producción de vidrio

Para esta subcategoría se efectuó el cálculo de las emisiones de CO₂, a partir de los datos de producción y cantidad de establecimientos consignados en la base de datos unificada y el factor de emisión por defecto de 0,21 planteado por el IPCC 2006 (Pulido, Ana Derly 2010).

Se obtuvo un total de 426,00 toneladas de CO₂ emitidas por la producción de vidrio en Bogotá para el año 2008 (Tinoco, Liliana 2011).

Gráfica N° 8
Emisiones de tCO₂
Industria vidrio



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV, 2008-2012

Las localidades con participación en las emisiones de CO₂ en el marco del inventario 2008 son: Barrios Unidos con el 45,40%, Antonio Nariño 25,13%, Fontibón 23,55% y Engativá con el 5,92%.

2D. Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes

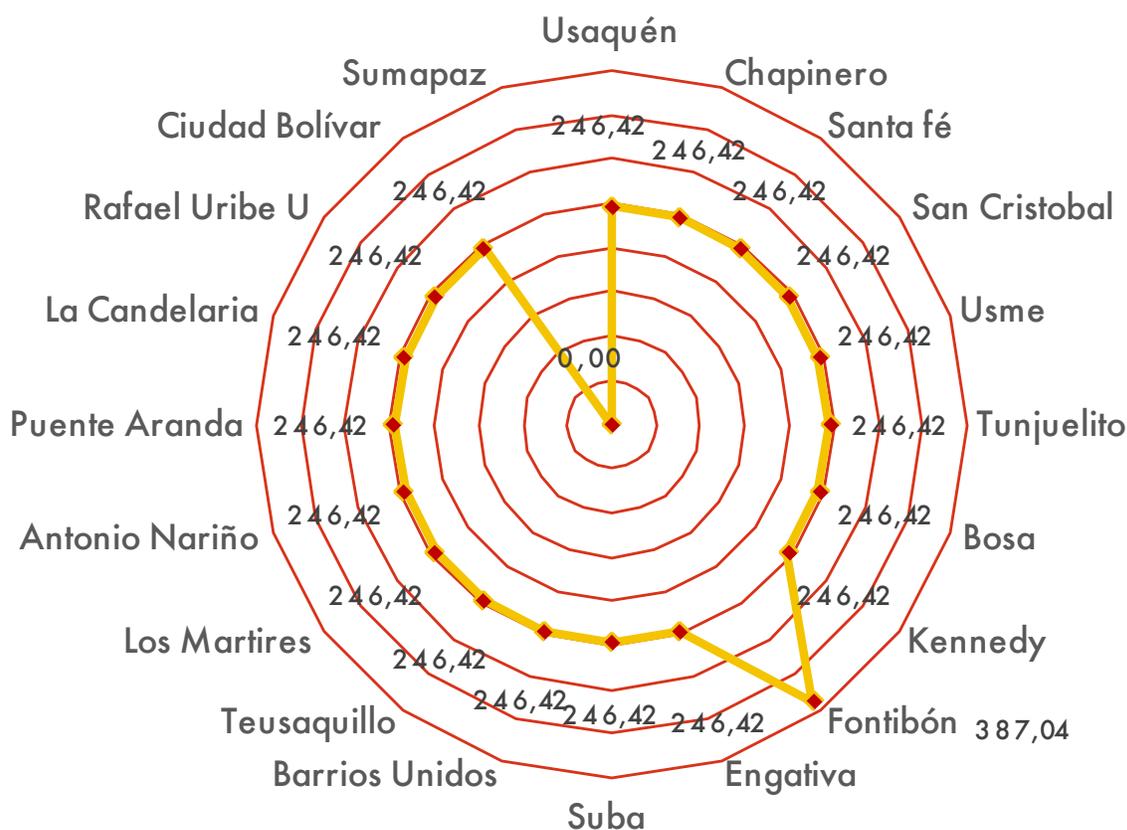
Las subcategorías consideradas aquí incluyen los lubricantes, las ceras de parafina, el alquitrán y/o el asfalto y los solventes (IPCC 2006 Cap.5 Pág.5.5). Para Bogotá, la subcategoría agregada (2D1 + 2D2) utilizada fue la de uso de lubricantes y ceras con la nomenclatura del IPCC: 2D1 adoptada para la ciudad (Pulido, Ana Derly 2010), (volumen 3.1.12-IPCC, guías 2006).



2D1. Uso de lubricantes y ceras

En esta subcategoría agregada para el inventario de Bogotá se generó el cálculo a partir de los datos de producción anual de lubricantes y ceras por parte del transporte y la industria en Bogotá, reportados en la encuesta anual manufacturera elaborada por el DANE además de los factores de fracción oxidada y contenido de carbono en lubricantes y ceras (referente tabla No.14) propuestos por el IPCC en sus guías metodológicas revisión 2006 (Pulido, Ana Derly 2010), arrojando un total de 4.828,48 toneladas de CO₂ emitidos por la subcategoría uso de lubricantes (grasas y aceites) y ceras en Bogotá año 2008 (Tinoco, Liliana 2011).

Gráfica N° 9
Emisiones de tCO₂
Uso de lubricantes y ceras



Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

La participación de las localidades en esta subcategoría muestra un mayor aporte de emisiones de CO₂ en Fontibón y Puente Aranda para el 2008.

2H. Otros

Las directrices del IPCC de 2006 no proporcionan una orientación específica sobre las emisiones de GEI (Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos –COVNM) procedentes de la fabricación de alimentos y bebidas. Dado que Bogotá registra 457 establecimientos de producción de alimentos y bebidas que cuentan con factores de emisión por defecto (directrices del IPCC de 1996), calculamos las emisiones para esta subcategoría.

2H2. Industria de alimentos y bebidas

La producción de bebidas alcohólicas, la panificación y la elaboración de otros productos alimenticios dan lugar a emisiones de COVDM (precursor de efecto invernadero); en alimentos durante el calentamiento de las grasas y aceites y de los productos alimenticios que lo contienen, el horneado de harinas, la fermentación durante la panificación y la cocción de carnes (Pulido, Ana Derly 2010).

En esta subcategoría se construyó el cálculo a partir de los datos anuales del proceso de elaboración de cada alimento y bebida en Bogotá, reportados en la encuesta anual manufacturera elaborada por el DANE, desglosada por categorías acorde con la clasificación sugerida en el libro de referencia; empleando los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC, los cuales corresponden a los descritos en la tabla 2.26 de las directrices IPCC 1996, capítulo 2.

Según el cálculo efectuado, se referencia un total de 3.223 toneladas de COVDM emitidos por la producción de bebidas alcohólicas y un total de 1.396 toneladas de COVDM emitidos por la panificación y elaboración de otros alimentos. Para un total de emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos de 4.619 toneladas en 2008 para Bogotá, las cuales no se incluyen en el total del inventario GEI, dado que es considerado un gas precursor de efecto invernadero.

Resultados por categoría y gas

Para la ciudad capital en el año 2008, las emisiones totales del sector Procesos industriales fueron de 5.254.48 toneladas equivalentes de CO₂, obtenidas a partir de la consolidación de los resultados totales por gas emitido en cada categoría, contabilizada así:

$$\text{Emisiones CO}_2\text{eq-Procesos industrialesB} = \sum [(\text{t CO}_2 * 1) + (\text{tCH}_4 * 21) + (\text{tN}_2\text{O} * 310)]$$

$$\text{ECO}_2\text{eq Procesos industrialesB} = \sum [(5.254.481 * 1) + (0,00 * 21) + (0,00 * 310)]$$

$$\text{ECO}_2 \text{ Procesos industrialesB} = 5.254.48 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

Tabla No. 15

Emisiones totales de GEI – Procesos industriales

| Categoría IPCC | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|--------------------------------------|--|------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------|
| 2A. Industria de minerales | | | | | | |
| 2A3 | Producción de vidrio | 426,00 | 0,00 | 0,00 | 426,00 | 0,00 |
| 2D. Uso de productos no energéticos. | | | | | | |
| 2D1 | Uso de lubricantes y ceras | 4.828,48 | 0,00 | 0,00 | 4.828,48 | 0,00 |
| 2H. Otros | | | | | | |
| 2H2 | Industria de la alimentación y las bebidas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4.619,00 |
| Totales | | 5.254,48 | 0,00 | 0,00 | 5.254,48 | 4.619,00 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

El total de emisiones del módulo corresponden en un 100% a dióxido de carbono (CO₂) (tabla No.15), las cuales representan el 0,03% para el sector Procesos industriales (IPCC 2006), del total de emisiones GEI en tCO₂eq del Inventario de Gases directos realizado para Bogotá con referente año base 2008.

Resultados de gases por localidades

Igualmente en concordancia y cumplimiento con el objetivo local del Inventario GEI para Bogotá, “el establecimiento de una línea base para la formulación de estrategias, programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación”, en el marco del Acuerdo 391 de agosto de 2009 emanado del Concejo de Bogotá D.C., además del compromiso con acciones de sostenibilidad ambiental contenidos en los objetivos del milenio, se desarrolló la consolidación en toneladas de CO₂eq, para cada una de la 20 localidades administrativas y territoriales, resultados reflejados en la tabla No.16.

Tabla No. 16
Emisiones totales en tCO₂eq – Procesos industriales por Localidades

| | Localidad | tCO₂ | tCH₄ | tN₂O | Total tCO₂ eq | Participación % localidades |
|----|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Usaquén | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 2 | Chapinero | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 3 | Santa Fe | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 4 | San Cristóbal | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 5 | Usme | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 6 | Tunjuelito | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 7 | Bosa | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 8 | Kennedy | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 9 | Fontibón | 487,37 | 0,00 | 0,00 | 487,37 | 9,28 |
| 10 | Engativá | 271,62 | 0,00 | 0,00 | 271,62 | 5,17 |
| 11 | Suba | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 12 | Barrios Unidos | 439,84 | 0,00 | 0,00 | 439,84 | 8,37 |
| 13 | Teusaquillo | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 14 | Los Mártires | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 15 | Antonio Nariño | 353,47 | 0,00 | 0,00 | 353,47 | 6,73 |
| 16 | Puente Aranda | 252,28 | 0,00 | 0,00 | 252,28 | 4,80 |
| 17 | La Candelaria | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 18 | Rafael Uribe Uribe | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 19 | Ciudad Bolívar | 246,42 | 0,00 | 0,00 | 246,42 | 4,69 |
| 20 | Sumapaz | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | TOTALES | 5.254,48 | 0,00 | 0,00 | 5.254,48 | 100,00 |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV-2008-2012

Las emisiones en tCO₂eq para el 2008 muestran que el proceso de producción de vidrio en las localidades de Fontibón (9,28%), Barrios Unidos (8,37%), Antonio Nariño (6,73%) y Engativá (5,17%), son las que presentan mayor contribución de emisiones de CO₂. La localidad de Puente Aranda, con el (4.80%), en la subcategoría de uso de ceras y lubricantes, es la subsiguiente emisora de dióxido de carbono.

3. MÓDULO DE AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (ASUS) (IPCC 2006)

Las directrices IPCC 2006 establecen para el módulo ASUS que las emisiones antropogénicas y absorciones por sumideros de Gases de Efecto Invernadero se definen como aquellas que se producen en «tierras gestionadas». La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales (IPCC, 2006).

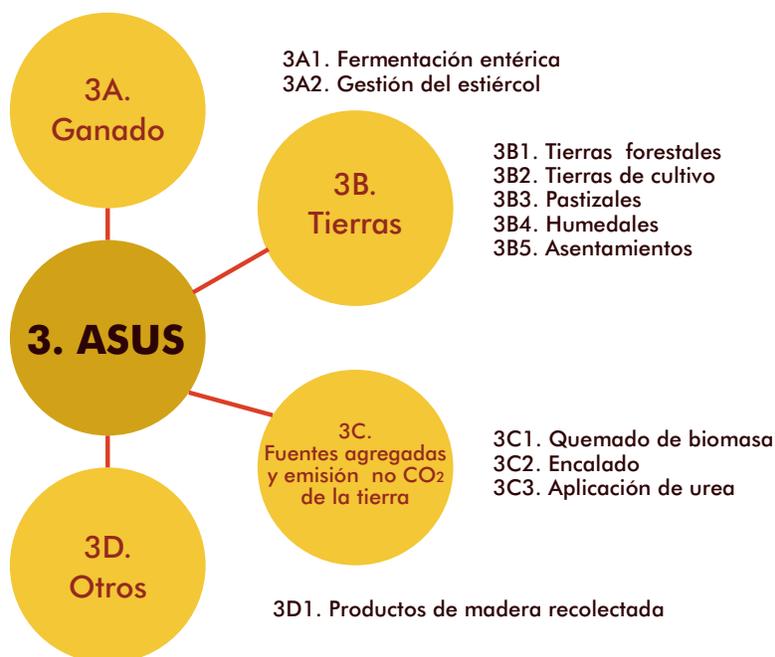
Para el caso de Bogotá, se estimaron las emisiones de los gases de efecto de invernadero directos de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), proveniente básicamente de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales. De igual forma se estimaron las emisiones No CO₂ generadas por los procesos de combustión de biomasa, aplicación de urea y encalado. De otra parte, se tuvo en cuenta la información del censo del arbolado urbano ubicado en el espacio público, con el cual se estimó la potencial captura de CO₂.

Marco metodológico

Para el desarrollo del inventario de emisiones de Gases Efecto Invernadero de Bogotá, año base 2008, específicamente para el módulo ASUS, se consideraron aquellas categorías, subcategorías o actividades fuente para las cuales se halló existencia de información a 31 de diciembre de 2008, acorde con la orientación de la metodología y el análisis de la información acerca de las fuentes de emisiones de GEI, en concordancia con la guía metodológica IPCC revisión 2006; además de la orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios de gases de efecto invernadero.

Gráfica No. 10

Estructura metodológica IPCC directrices 2006 Categorías y subcategorías módulo ASUS aplicadas a Bogotá D.C.



Fuente: IPCC 2006. Adaptado por Sergio Colmenares_GCC-SDA-DCA-SCAAV, 2008-2012

Acorde con la información recolectada, los datos contabilizados, y la verificación y ajustes en 2012, a continuación se presentan las fuentes y niveles de información utilizados en la aplicación de las guías metodológicas del IPCC 2006, para las diferentes categorías y subcategorías identificadas en Bogotá, para la línea base de ASUS 2008.

Tabla No. 17
Estructura de la metodología aplicada en Bogotá,
Categorías y subcategorías IPCC ASUS/2006, nivel y fuentes de información

| CATEGORÍA IPCC | SUBCATEGORÍA IPCC | NIVEL DE INFORMACIÓN METODOLOGÍA IPCC 2006 INVENTARIO GEI BOGOTÁ 2008 | FUENTES DE INFORMACIÓN | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|---------------------------|------------------------------|--|--|---|
| 3A. GANADO | 3A1 FERMENTACION ENTERICA | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de: inventario de animales bovinos DANE 2008, Secretaría Distrital de Salud, Secretaría Distrital de Ambiente - Universidad de los Andes 2008 | Factor de emisión por defecto IPCC por tipo de ganado |
| | | Nivel 2 | Base de datos Censo Nacional Agropecuario, FEDEGAN | Datos del censo de bovinos |
| | 3A2 GESTIÓN DEL ESTIERCOL | Nivel 1 | | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de ingesta y caracterización de los alimentos suministrados al ganado en Bogotá |
| | 3B1 TIERRAS FORESTALES | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de: Inventario del arbolado urbano para Bogotá D.C, Secretaría Distrital de Ambiente, Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" y Universidad de los Andes | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de área forestal, volúmenes de cosecha, plantaciones existentes, remoción de madera para combustible |
| 3B2 TIERRAS DE CULTIVO | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", CAR, INSAT y FAO | Factor de emisión por defecto IPCC | |
| | Nivel 2 | | Datos de las áreas de cultivos, terrenos arables y labrables, sistemas agroforestales, barbecho, cultivos de forraje o para pastura, como parte de una rotación anual cultivo - pastura | |
| 3B. TIERRAS | 3B3 PASTIZALES | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, ICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, Ministerio de Agricultura y FAO | Factor de Emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de áreas de prados y sabanas gestionados extensivamente, regímenes de incendios, tierras de pastura y heno gestionadas intensivamente |
| | 3B4 HUMEDALES | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de Información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CORPOICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT, Secretaría Distrital de Planeación y EAAB | Factor de Emisión por defecto IPCC |
| Nivel 2 | | | Datos de las áreas de humedales de Bogotá, teniendo como datos piloto el humedal El Burro | |
| 3B5 ASENTAMIENTOS | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, EAAB y UAESP | Factor de Emisión por defecto IPCC | |
| | Nivel 2 | | Información del Censo del Arbolado Urbano, PLAUS y del Sistema de Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU) | |

| | | | | |
|--|--|---------|---|--|
| 3C. FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIONES NO CO ₂ . | 3B6 OTRAS TIERRAS | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CORPOICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT y Secretaría Distrital de Planeación | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de áreas de suelo desnudo, afloramientos rocosos, minería a cielo abierto, zonas erosionadas |
| | 3C1 QUEMA DE BIOMASA | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CORPOICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT y Secretaria Distrital de Planeación | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de área y biomasa quemada en las tierras forestales, pastizales y cultivos |
| | 3C2 ENCALADO | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CORPOICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT y Secretaría Distrital de Planeación | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de fertilización y encalado en tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo |
| | 3C3 APLICACIÓN DE UREA | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CORPOICA, CAR, INSAT, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT y Secretaría Distrital de Planeación | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de fertilización y aplicación de urea en tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo |
| 3D OTROS | 3D1 PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA | Nivel 1 | Base de datos integrada a partir de información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, CAR, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, MAVDT, Secretaria Distrital de Planeación y CONIF | Factor de emisión por defecto IPCC |
| | | Nivel 2 | | Datos de usos de la madera, movilización y transformación de madera en Bogotá |

Fuente: elaborado por GCC-SDA-DCA-SCAAV, 2008-2012

Los resultados de este módulo representan el 15,31% del total del inventario de emisiones GEI estimadas para el Distrito Capital durante el año 2008, las cuales se calcularon en 16.279.278.64 de tCO₂eq.

A continuación se describen las categorías y subcategorías aplicadas para Bogotá en este módulo para la contabilización de las emisiones GEI.

3A. Ganado

La producción de ganado puede traer como resultado emisiones de metano (CH₄), resultante de la fermentación entérica y emisiones de CH₄ y de óxido nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Para Bogotá se realizó la estimación de GEI con el tipo de ganado vacuno, el cual constituye la fuente más representativa de generación de CH₄, debido a su gran población y a la alta tasa de emisión de CH₄ provocada por su sistema digestivo rumiante.

3A1 Fermentación entérica

El principal factor de actividad para la subcategoría fermentación entérica se realizó con base en el censo de los animales para la especie de ganado bovino presente en la zona, a partir de los cuales se estimaron las emisiones de CH₄.

Los cálculos estimados arrojan un resultado de 1.550 tCH₄, emitidos por el proceso digestivo del ganado vacuno. Los datos tomados como referencia por su población significativa corresponden al ganado de la localidad de Sumapaz.



3A2 Gestión del estiércol

La información disponible para la subcategoría gestión del estiércol correspondió a datos de poblaciones anuales de ganado vacuno, la ingesta y la caracterización de los alimentos. Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas. Las emisiones más significativas se asocian con operaciones de gestión de animales confinados en las que el estiércol se maneja por medio de sistemas basados en líquidos.

Las emisiones de óxido nitroso resultantes de la gestión del estiércol varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión utilizados y, además, pueden provocar emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema. El cálculo de la pérdida de nitrógeno de los sistemas de gestión del estiércol es también un paso importante en la determinación de la cantidad de nitrógeno que, en última instancia, va a estar disponible en el estiércol que se aplique al suelo, o el utilizado con propósitos alimentarios, de combustible o de construcción (ejemplo nitrógeno utilizado en construcción para sellar ductos de agua, como agente congelante).

Para la estimación de emisiones GEI de Bogotá se tuvo en cuenta la información de la localidad de Sumapaz, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla No.18
Emisiones GEI (tCO₂eq) categoría ganado, Bogotá D.C. 2008

| | | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total tCO ₂ eq | % |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------|-------|
| Sub - Categoría IPCC | Localidad | Toneladas | | | | |
| 3A1. Fermentación entérica | Sumapaz | 0 | 1.550 | 0 | 32.550 | 14,6 |
| 3A2. Gestión del estiércol | | 0 | 1.410 | 521 | 191.120 | 85,4 |
| TOTAL | | 0 | 2.960 | 521 | 223.670 | 100,0 |

Fuente: tablas informe final inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para la categoría ganado el principal factor de actividad es el número total de animales por especie que se encuentran en el Distrito Capital. Para efectos del inventario de Bogotá se trabajó con la especie de ganado vacuno, para lo cual se tuvo en cuenta información sobre la tasa de alimentación, de producción de leche o carne, el peso, entre otras. Se aclara que se tiene un mayor interés en la localidad de Sumapaz por ser esta la parte rural más grande de Bogotá que presenta actividad ganadera.

3B Tierras

La tierra gestionada es aquella en la que el ser humano ha intervenido y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales (IPCC, 2006).

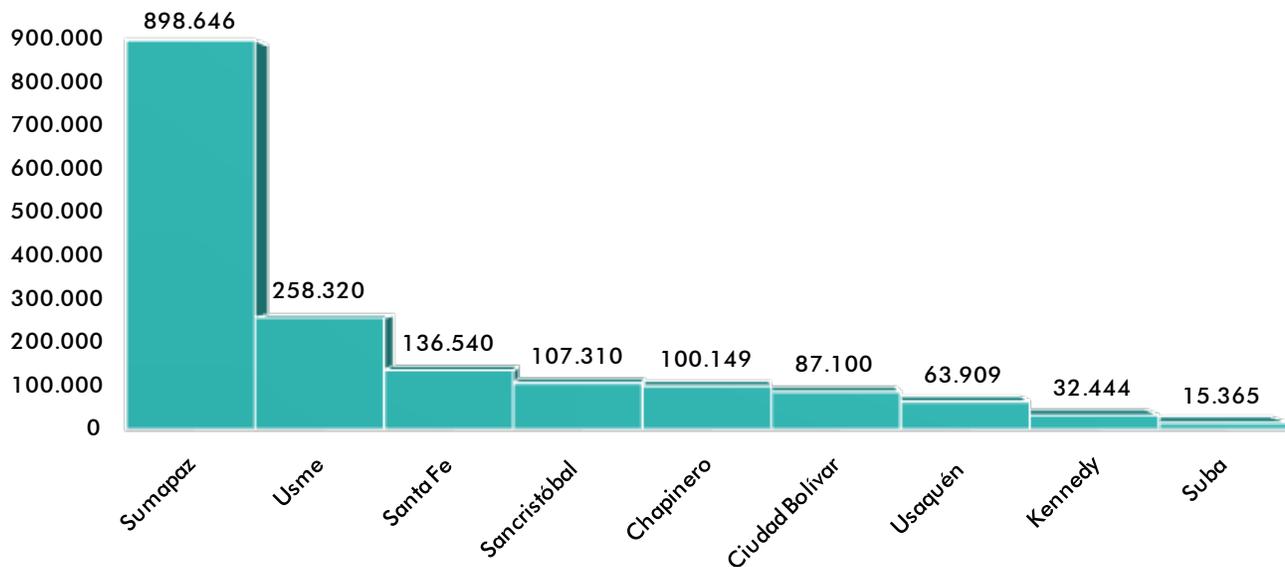
Para el Inventario de Emisiones GEI del Distrito Capital se tuvieron en cuenta las seis categorías generales de uso de la tierra descritas a continuación, las cuales forman la base de la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero derivadas del uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra.

3B1 Tierras forestales

En esta subcategoría se incluyen los cambios en las existencias de carbono en bosques gestionados, debido a las actividades humanas tales como el establecimiento y la cosecha de plantaciones, la tala comercial, la recolección de madera combustible y otras prácticas de gestión; además de las pérdidas naturales provocadas por incendios, tormentas de viento, insectos, enfermedades y otras perturbaciones (IPCC, 2006).

Para las tierras forestales, el principal factor que se tuvo en cuenta para el inventario fue el área que cubren, y que son consideradas como forestales o áreas de bosques; igualmente, la información secundaria en volumen de cosecha de madera, plantaciones existentes y la remoción de madera para combustible. A continuación se muestran los resultados de emisiones GEI de esta subcategoría para las localidades de Bogotá.

Gráfica No. 11
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría tierras forestales, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para Bogotá se estimaron 104.480 tCO₂eq, donde los resultados evidencian que la localidad de Sumapaz es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI de la subcategoría, teniendo en cuenta su área destinada a plantaciones forestales y los volúmenes de madera principalmente.

3B2 Tierras de cultivo

La cantidad de carbono almacenado en las tierras de cultivo permanentes, así como la emitida o absorbida, depende del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión de las variables del suelo y del clima (IPCC, directrices 2006 para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero, tierras de cultivo).

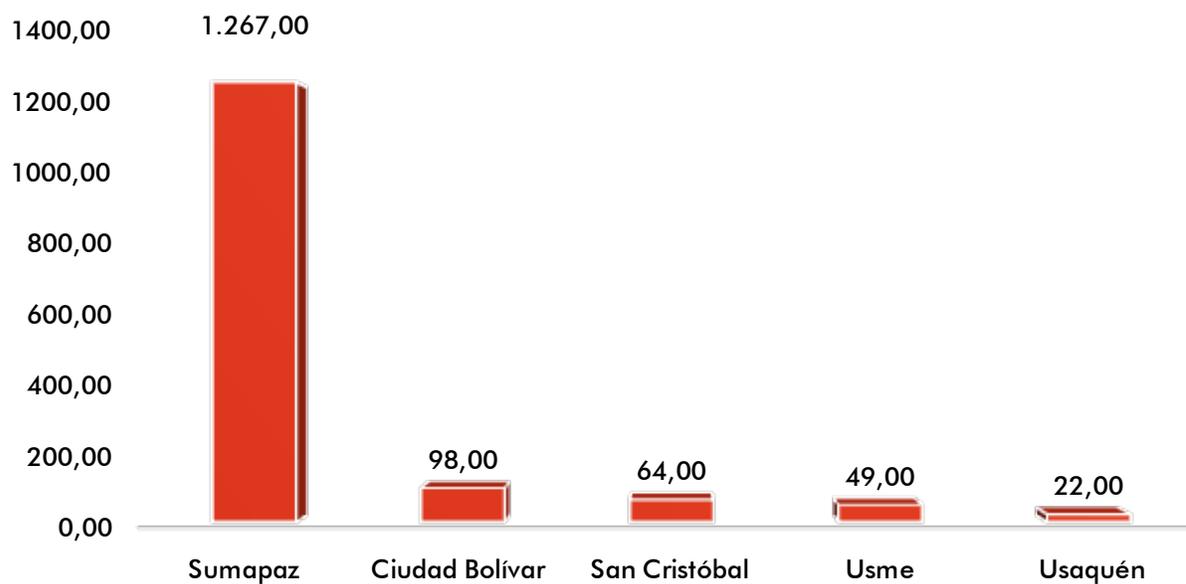
Esta subcategoría corresponde a aquellas áreas dedicadas a actividades agrícolas, que para el caso de Bogotá se desarrollan en las áreas rurales y se basan principalmente en la producción de papa, zanahoria y arveja; sin embargo, predomina ampliamente el cultivo de papa. Debido a las condiciones ambientales, que determinan un suelo pobre en cuanto a la disponibilidad de nutrientes (por el contrario con muchas restricciones y baja productividad), es común que estos cultivos demanden el empleo de grandes cantidades de agroinsumos,



algunos asociados a problemas de pérdida de biodiversidad. Es común el empleo de fertilizante foliar, calfos como correctivo de pH, furadán y monitor como insecticidas y dhitane y fitorax como fungicidas.

Para las tierras de cultivo, el principal factor de esta actividad está concentrado en las áreas sembradas y el tipo de suelo que ocupan. Para Bogotá todos los cultivos están ubicados en suelos minerales y existen aproximadamente 15 tipos de cultivos diferentes. A continuación se muestran los resultados de emisiones GEI de esta subcategoría para las localidades de Bogotá.

Gráfica No. 12
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría tierras de cultivo, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C. MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para esta subcategoría en Bogotá se estimaron 1.500 tCO₂eq, donde los resultados evidencian que la localidad de Sumapaz es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI, teniendo en cuenta su área destinada a cultivos agrícolas y la diversidad de cultivos principalmente.

3B3 Pastizales

Los pastizales varían de forma considerable en el grado y la intensidad de su gestión, desde los prados y las sabanas gestionados extensivamente – donde la carga animal y los regímenes de incendios son las variables principales de la gestión – hasta las tierras de pastura y heno gestionadas intensivamente (por ejemplo con fertilización, irrigación o cambios en especies). Los pastizales suelen poseer una vegetación dominada por especies perennes y el uso predominante de la tierra es el pastoreo.

En general, esta subcategoría se distingue del bosque como ecosistema con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra. En los pastizales predomina el carbono subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. La transición de las lluvias o los gradientes del suelo entre los pastizales y el bosque se produce a menudo gradualmente (IPCC, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, pastizales, 2006).

Para las áreas de pastizales, al igual que para las tierras de cultivo, el principal factor de actividad que se necesita es el área que cubren las zonas con pastos y el tipo de suelo que cubren, en el caso del Distrito Capital, gran cantidad de zonas de pastos están vinculadas a la rotación de cultivos y al pastoreo, encontrándose principalmente en suelo mineral. A continuación se muestran los resultados para esta subcategoría.

Tabla No. 19
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría pastizales, Bogotá D.C. 2008

| Sub - Categoría IPCC | Localidad | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total tCO ₂ eq |
|----------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| | | Toneladas | | | |
| 3B3. Pastizales | Sumapaz | 821 | 860 | 1.023 | 336.011 |
| | Usaquén | 245 | 285 | 470 | 151.930 |
| | Usme | 26 | 4 | 80 | 25.582 |
| | Ciudad Bolívar | 11 | 23 | 47 | 15.064 |
| Total | | 1.103 | 1.204 | 1.620 | 528.587 |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

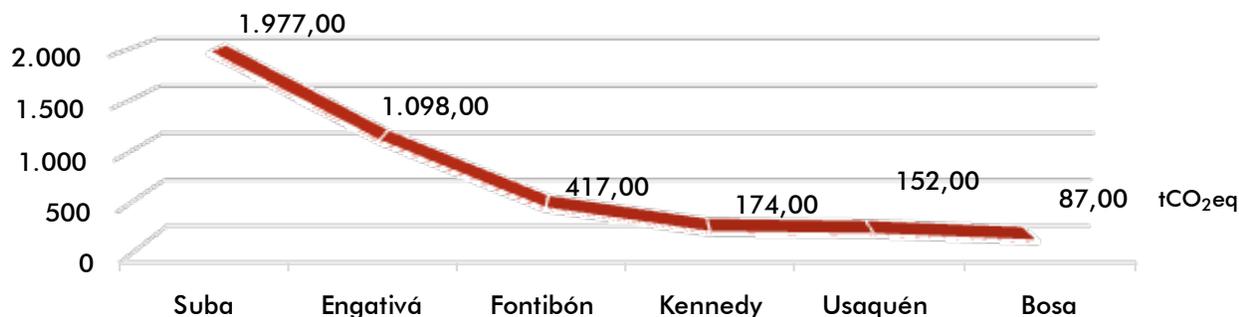
Las emisiones fueron calculadas para las localidades de Sumapaz, Usaquén, Usme y Ciudad Bolívar, evidenciándose que Sumapaz es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI de la subcategoría, teniendo en cuenta su área de prados y sabanas destinados al pastoreo principalmente.

3B4 Humedales

Según las directrices del IPCC del 2006 los humedales incluyen todo tipo de tierras que estén cubiertas o saturadas por aguas todo el año o la mayor parte, y que no entran en las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo o pastizales. Los humedales son ecosistemas en los que los procesos biológicos y geoquímicos, así como las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero resultantes, se controlan según el grado de saturación del agua, y según el clima y la disponibilidad de nutrientes. (IPCC, directrices 2006 para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero, subcategoría humedales, 2006).

Para la estimación de las emisiones en la subcategoría humedales se tomó como piloto el humedal El Burro, ubicado en la localidad de Kennedy. A continuación se observan los resultados.

Gráfica No. 13
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría humedales, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para esta subcategoría en Bogotá se estimaron 3.905 tCO₂eq, evidenciándose que la localidad de Suba es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI de la subcategoría, teniendo en cuenta la presencia de cuatro humedales que representan la mayor superficie de este ecosistema en la ciudad.

3B5 Asentamientos

Esta subcategoría incluye suelos, vegetación herbácea perenne como el césped y las plantas de los jardines, los árboles de los asentamientos rurales, los jardines de las haciendas y áreas rurales. Entre los ejemplos de asentamientos se incluyen las tierras existentes a lo largo de las calles, en canteros residenciales y comerciales (rurales y urbanos), en jardines públicos y privados, en campos de golf y deportes, y en parques, siempre que tales tierras estén funcional o administrativamente ligadas con ciudades, pueblos y otros tipos de asentamientos en particular, y que no se las contabilice en otra categoría del uso de la tierra (IPCC, 2006).

Las emisiones y absorciones de CO₂ de esta categoría se estiman por medio de las subcategorías de cambios en las existencias de carbono de la biomasa (tanto componentes leñosos como perennes no leñosos), en la materia orgánica muerta y en los suelos. El depósito de biomasa en los asentamientos tiene componentes leñosos y herbáceos. En cuanto a la biomasa leñosa, los cambios en las existencias de carbono se calculan como la diferencia entre el incremento y la pérdida de biomasa, debido a las actividades de gestión. Respecto a la biomasa herbácea (como el césped o las plantas de los jardines) en asentamientos que permanecen como tales, habitualmente, se supone que los cambios en las existencias de carbono equivalen a cero (IPCC, 2006).

Las emisiones estimadas en esta subcategoría para Bogotá se calcularon para biomasa, con base en la información del sistema de información y gestión del arbolado urbano (SIGAU) y del censo del arbolado urbano ubicado en el espacio público, y que solamente exceptúa a la localidad de Sumapaz por su carácter rural. A continuación se presentan los resultados de emisiones GEI para esta subcategoría.

Tabla No. 20
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría asentamientos, Bogotá D.C. 2008

| Sub - Categoría IPCC | Localidad | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total |
|----------------------|--|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| | | Toneladas | | | tCO ₂ eq |
| 3B5. Asentamientos | 19 Localidades de acuerdo al censo del arbolado urbano | 668 | 0 | 0 | 668 |
| Total | | 668 | 0 | 0 | 668 |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

La incertidumbre en los resultados de esta subcategoría se da puesto que la información utilizada corresponde únicamente a la reportada en el sistema de información y gestión del arbolado urbano y el censo del arbolado urbano ubicado en el espacio público y la limitada información sobre la medición de los cambios en las existencias de carbono en las áreas privadas urbanas y rurales de Bogotá.

3B6 Otras tierras

Se define a otras tierras como aquellas que incluyen zonas de suelo desnudo, roca, hielo, además de todas las zonas de tierras que no pertenecen a las otras cinco categorías de uso de la tierra. A menudo, las otras tierras no están gestionadas y, en ese caso, no se estiman los cambios en las existencias de carbono ni en las emisiones ni absorciones de no-CO₂ (IPCC, 2006).

Para esta categoría se identificaron los predios por localidad que presentan zonas con suelo desnudo o roca, como aquellas áreas dedicadas a minería a cielo abierto, zonas erosionadas y afloramientos rocosos. A continuación se presentan los resultados calculados para emisiones de CO₂ y CH₄ de esta subcategoría.

Tabla No. 21
Emisiones GEI (tCO₂eq) Subcategoría otras tierras, Bogotá D.C. 2008

| Sub - Categoría IPCC | Localidad | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total tCO ₂ eq |
|----------------------|---|------------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| | | Toneladas | | | |
| 3B5. Otras Tierras | Consideradas para todas las localidades | 45 | 23 | 0 | 528 |
| Total | | 45 | 23 | 0 | 528 |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra

Las emisiones de no CO₂ se derivan de una variedad de fuentes, incluidas las emisiones de suelos, ganado y estiércol, y de la combustión de biomasa, madera muerta y hojarasca. En contraposición a la forma en la que se estiman las emisiones de CO₂ a partir de los cambios en las existencias de la biomasa, habitualmente la estimación de los Gases de Efecto Invernadero de no CO₂ implica una velocidad de emisión desde una fuente directamente a la atmósfera. En general, la velocidad está determinada por un factor de emisión para un gas (CH₄, N₂O) y una categoría de fuente específica, así como por una zona por ejemplo por suelo o superficie quemados), población, ganado o masa (biomasa o estiércol) que define a la fuente de emisión (IPCC, 2006).

Para esta categoría en el Distrito Capital se realizaron estimaciones de emisiones GEI para las subcategorías: combustión de biomasa, encalado y aplicación de urea.

3C1 Combustión de biomasa

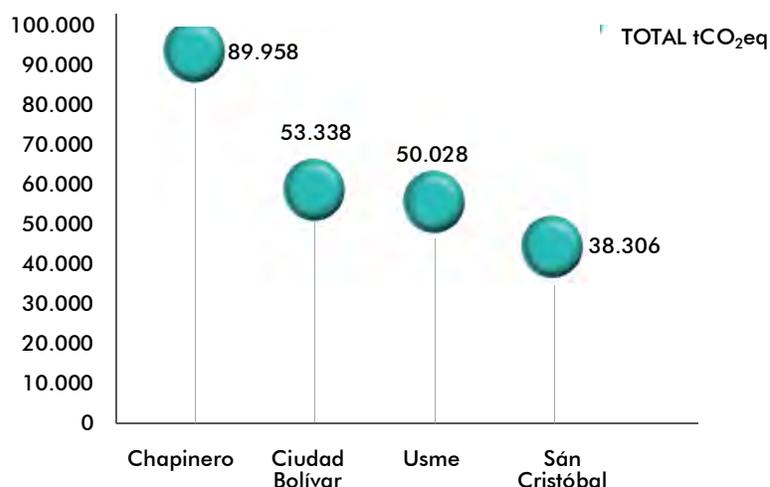
Las emisiones producidas por el fuego no incluyen solamente CO₂, sino otros Gases de Efecto Invernadero o precursores de estos que se originan de la combustión incompleta del combustible. Entre estos se incluyen el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), los Compuestos orgánicos volátiles (COVDM) diferentes del metano y especies de nitrógeno (N₂O, NO_x) (Levine, 1994). El quemado de sabanas y de residuos de cultivos no genera una liberación neta de CO₂ a la atmósfera, porque la vegetación vuelve a crecer entre los ciclos de quemado (IPCC, 2006).

Las emisiones no CO₂ calculadas por combustión de biomasa en Bogotá están representadas por las localidades de Chapinero, Usme, Ciudad Bolívar y San Cristóbal. Para el caso del inventario se estimaron emisiones GEI de CH₄ y N₂O, con base en información de tierras de cultivo y pastizales, por lo que no se reportan emisiones de CO₂. A continuación se presentan los resultados obtenidos para esta subcategoría.



Gráfica No. 14

Emisiones GEI (tCO₂eq) Subcategoría combustión de biomasa, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para esta subcategoría, en Bogotá se estimaron 231.630 tCO₂eq, en donde la localidad de Chapinero es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI por quemado de biomasa, al parecer potenciados por prácticas de quema tradicional en áreas de cultivo y pastizales, y a la presencia de especies pirogénicas como plantaciones de especies exóticas e invasoras como el retamo espinoso (*Ulex europaeus*), que ocupan áreas considerables dentro de la localidad.

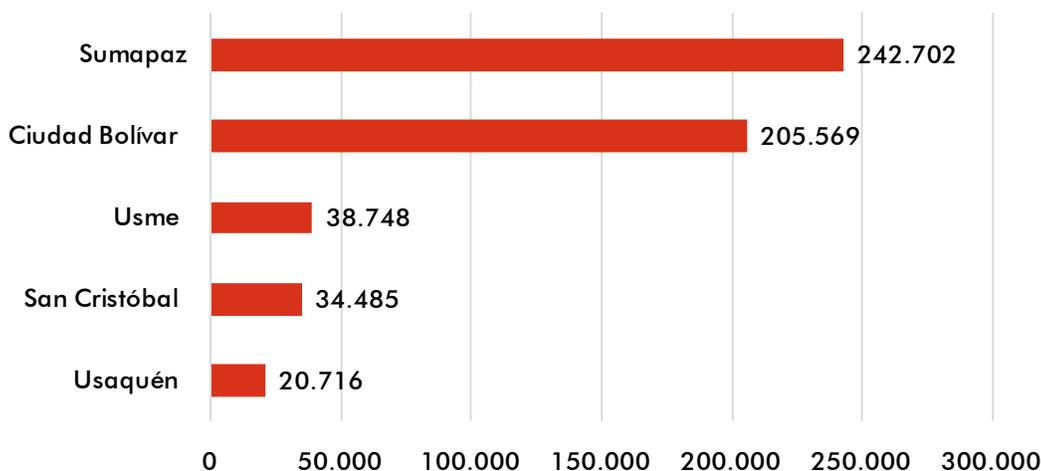
3C2 Encalado

El encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados, en particular en tierras agrícolas y bosques gestionados. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal (piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg (CO₃)₂) conduce a emisiones de CO₂, ya que las sales se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO₃⁻), que se convierte en CO₂ y agua (H₂O) (IPCC, 2006).

Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O calculadas por encalado en Bogotá se ilustran a continuación.

Gráfica No. 15

Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría encalado, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

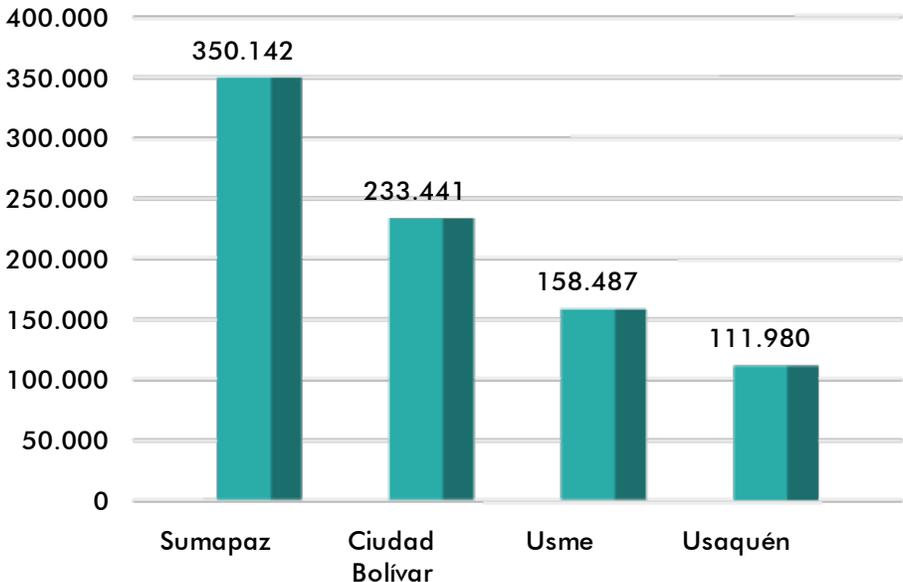
Para esta subcategoría en Bogotá se estimaron 542.220 tCO₂eq, en donde los resultados evidencian que la localidad de Sumapaz es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI de la subcategoría, teniendo en cuenta las áreas destinadas a plantaciones forestales, cultivos agrícolas, la diversidad de cultivos y las características de los suelos que requieren acondicionamiento a través del encalado.

3C3 Aplicación de urea

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial. La urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ion hidróxilo (OH⁻) y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa. De manera similar a la reacción del suelo cuando se le agrega cal, el bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua. Esta categoría de fuente se incluye porque la absorción de CO₂ de la atmósfera durante la fabricación de urea se estima en el sector de Procesos industriales y uso de productos (sector IPPU) (IPCC, 2006).

Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O calculadas por aplicación de urea en Bogotá se ilustran a continuación.

Gráfica No. 16
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría aplicación de urea, Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Para esta subcategoría, en Bogotá se estimaron 854.050 tCO₂eq, en donde los resultados evidencian que la localidad de Sumapaz es la que representa la mayor tasa de emisiones GEI de la subcategoría, teniendo en cuenta las áreas destinadas a plantaciones forestales, cultivos agrícolas, la diversidad de cultivos y las características de los suelos que requieren acondicionamiento a través de la aplicación de urea.

3D Otros

En esta categoría se encuentran todos aquellos productos maderables (incluida corteza) y no maderables (frutos, semillas y flores) que son retirados del sitio de recolección. Para el caso de Bogotá se estimaron las emisiones GEI de la subcategoría Productos de Madera Recolectada (PMR), dentro de la que se encuentran productos como los muebles, madera estructural, madera para pulpa, entre otros.

El tiempo durante el cual se conserva el carbono en los productos varía según el producto y sus usos. Por ejemplo, la madera combustible y los residuos de la planta pueden quemarse en el año de la cosecha; es probable que muchos tipos de papel tengan una vida útil en usos de menos de cinco años, lo cual puede incluir el reciclado del papel. La madera aserrada o los paneles usados en edificios pueden conservarse durante décadas, hasta más de 100 años. Los PMR descartados pueden depositarse en sitios de eliminación de desechos sólidos, donde pueden persistir por periodos prolongados (IPCC, 2006).

A continuación se describe la estimación de emisiones para la subcategoría Productos de Madera Recolectada (PMR) en Bogotá.

3D1 Productos de Madera Recolectada (PMR)

Gran parte de la madera cosechada de las tierras forestales, de cultivo y de otros tipos de usos de la tierra permanece en los productos durante períodos de tiempo de diferente duración. PMR incluye todo el material de madera (incluida la corteza) que abandona los sitios de recolección. La broza y otro material que queda en los sitios de recolección debe considerarse materia orgánica muerta en la categoría correspondiente de uso de la tierra de los Capítulos 4, 5, 6, 8 y 9 de las directrices y no PMR. Los PMR constituyen un reservorio de carbono ².

Para la estimación de las emisiones generadas por PMR en Bogotá, se tuvo en cuenta la información sobre transformación de la madera, usos, movilización y volúmenes de madera.

A continuación se muestra el resultado calculado para Bogotá D.C.

Tabla No. 22
Emisiones GEI (tCO₂eq) subcategoría PMR, Bogotá D.C. 2008

| Sub - Categoría IPCC | Localidad | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------|
| | | Toneladas | | | |
| 3D1. Productos de Madera Recolectada | Dato global para Bogotá | 1.109 | 0 | 0 | 1.109 |
| Total | | 1.109 | 0 | 0 | 1.109 |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C., MRV y tablas módulo ASUS Rafael García Vidales

Puesto que, en general, las entradas no equivalen a las salidas y que el carbono puede permanecer almacenado en los PMR por largos periodos, es necesario tomar en cuenta este tiempo de almacenamiento al proporcionar directrices para estimar el aporte de los PMR a las emisiones / absorciones de CO₂ del sector ASUS (IPCC, directrices 2006 para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Productos de Madera Recolectada).

2. El Artículo 1 de la CMNUCC define el término reservorio de la siguiente manera: «Reservorio» significa un componente o varios componentes del sistema climático en el cual se almacena un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero.

Resultados por subcategorías y gases

Para definir las categorías y subcategorías de ganado, tierra, fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂, se identificó la información disponible y el método apropiado para estimar las emisiones de cada categoría de fuente. Se caracterizaron los requisitos más detallados e identificados para cada categoría y subcategoría, a continuación se relacionan los resultados del Inventario de Emisiones GEI por categoría para el módulo agricultura, silvicultura y otros usos del suelo en Bogotá.

Las emisiones GEI en el año 2008, para el módulo agricultura, silvicultura y otros usos del suelo dieron un resultado de 2.492.347,00 tCO₂eq, y corresponden al 15,31% del resultado total del Inventario de Emisiones GEI.

Tabla No. 23
Emisiones GEI por subcategoría módulo ASUS en Bogotá D.C. 2008

| Código IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|-------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 3A1 | Fermentación entérica | 0,00 | 1.550,00 | 0,00 | 32.550,00 |
| 3A2 | Gestión del estiércol | 0,00 | 1.410,00 | 521,00 | 191.120,00 |
| 3B1 | Tierras forestales | 1.597,00 | 943,00 | 268,00 | 104.480,00 |
| 3B2 | Tierras de cultivo | 1.500,00 | 0,00 | 0,00 | 1.500,00 |
| 3B3 | Pastizales | 1.103,00 | 1.204,00 | 1.620,00 | 528.587,00 |
| 3B4 | Humedales | 167,00 | 178,00 | 0,00 | 3.905,00 |
| 3B5 | Asentamientos | 668,00 | 0,00 | 0,00 | 668,00 |
| 3B6 | Otras tierras | 45,00 | 23,00 | 0,00 | 528,00 |
| 3C1 | Emisiones de GEI por quema de biomasa | 0,00 | 800,00 | 693,00 | 231.630,00 |
| 3C2 | Encalado | 1.000,00 | 810,00 | 1.691,00 | 542.220,00 |
| 3C3 | Aplicación de urea | 2.000,00 | 820,00 | 2.693,00 | 854.050,00 |
| 3D1 | Productos de madera recolectada | 1.109,00 | 0,00 | 0,00 | 1.109,00 |
| | Totales | 9.189,00 | 7.738,00 | 7.486,00 | 2.492.347,00 |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C. OPS 1601

Las subcategorías más representativas corresponden a: aplicación de urea y encalado respectivamente, lo cual tiene que ver con las áreas productivas, la variabilidad climática, los requerimientos de los suelos, las especies a producir, los volúmenes y tiempos de aplicación y por supuesto el potencial global de calentamiento que genera el N₂O principalmente en el caso de aplicación de urea y CO₂ en el encalado. Adicionalmente, la aplicación de urea bajo las condiciones de persistente sequía, altas temperaturas y fuertes vientos, suelo con una baja capacidad de adsorción de nitrógeno en forma amoniacal y suelo con un PH alto; pueden promover pérdidas gaseosas significativas de nitrógeno en forma amoniacal después de la aplicación del fertilizante.

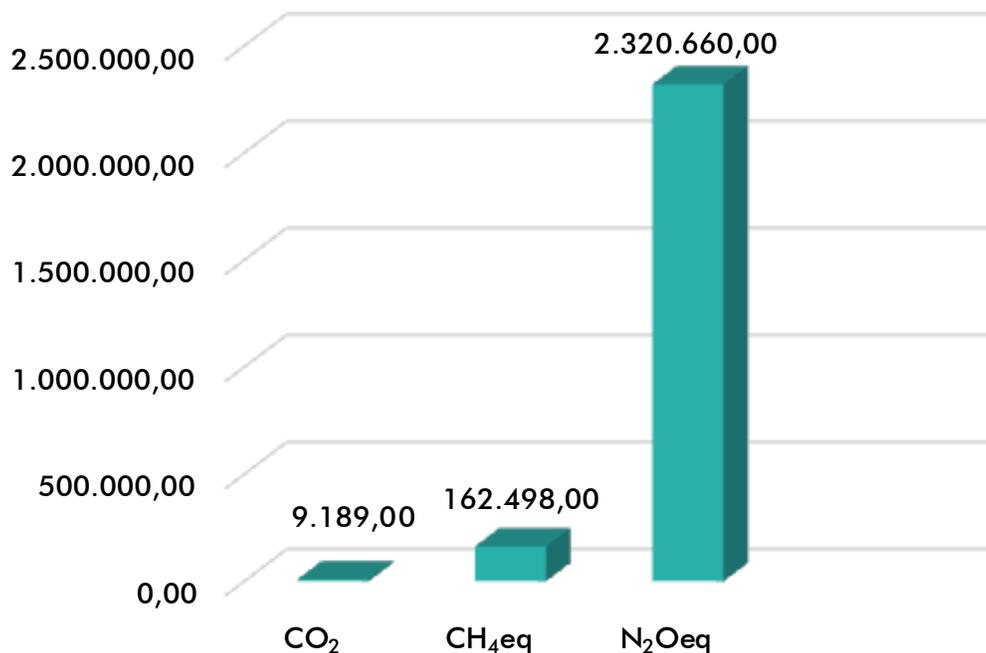
Resultados por Gas Efecto Invernadero

Para la estimación de las emisiones y los datos finales del módulo por gas se aplicó el siguiente algoritmo:

$$\begin{aligned} \text{ECO}_2\text{GEIASUSB} &= \sum [(\text{CO}_2 + (\text{CH}_4 \times 21\text{tCO}_2) + (\text{N}_2\text{O} \times 310\text{tCO}_2))] \\ \text{ECO}_2\text{GEIASUSB} &= \sum [(9.189 + (7.738 \times 21\text{tCO}_2) + (7.486 \times 310\text{tCO}_2))] \\ \text{ECO}_2\text{GEIASUSB} &= 2.492.347,00 \text{ tCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

A continuación se ilustran los resultados de las emisiones GEI, obtenidos a partir de la aplicación del potencial de calentamiento global para cada uno de los gases calculados en Bogotá para el 2008, expresado en tCO₂eq.

Gráfica No. 17
Potencial de calentamiento global (tCO₂eq) módulo ASUS Bogotá D.C. 2008



Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C. MRV

Resultados de emisiones GEI por localidades

A continuación se muestran los resultados de emisiones GEI calculados por localidad en Bogotá.

Tabla No. 24
Emisiones totales en tCO₂eq por localidades

| Código | Localidad | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total tCO ₂ eq | % |
|--------|----------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------|
| 1 | Usaquén | 582,35 | 454,60 | 909,00 | 291.918,95 | 11,7% |
| 2 | Chapinero | 153,84 | 327,00 | 304,00 | 101.260,84 | 4,1% |
| 3 | Santa Fe | 209,10 | 120,00 | 42,00 | 15.749,10 | 0,6% |
| 4 | San Cristóbal | 350,27 | 335,60 | 242,00 | 82.417,87 | 3,3% |
| 5 | Usme | 1.213,31 | 633,60 | 901,00 | 293.828,91 | 11,8% |
| 6 | Tunjuelito | 17,51 | 0,00 | 0,00 | 17,51 | 0,0% |
| 7 | Bosa | 14,71 | 4,00 | 0,00 | 98,71 | 0,0% |
| 8 | Kennedy | 106,39 | 14,40 | 1,00 | 718,79 | 0,0% |
| 9 | Fontibón | 44,89 | 19,00 | 0,00 | 443,89 | 0,0% |
| 10 | Engativá | 100,32 | 50,00 | 0,00 | 1.150,32 | 0,0% |
| 11 | Suba | 259,98 | 92,60 | 1,00 | 2.514,58 | 0,1% |
| 12 | Barrios Unidos | 18,81 | 0,00 | 0,00 | 18,81 | 0,0% |
| 13 | Teusaquillo | 34,59 | 0,00 | 0,00 | 34,59 | 0,0% |
| 14 | Los Mártires | 3,48 | 0,00 | 0,00 | 3,48 | 0,0% |
| 15 | Antonio Nariño | 5,56 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 0,0% |
| 16 | Puente Aranda | 21,35 | 0,00 | 0,00 | 21,35 | 0,0% |
| 17 | La Candelaria | 1,97 | 0,00 | 0,00 | 1,97 | 0,0% |
| 18 | Rafael Uribe U | 31,12 | 0,00 | 0,00 | 31,12 | 0,0% |
| 19 | Ciudad Bolívar | 1.069,93 | 648,60 | 1.620,00 | 516.890,53 | 20,7% |
| 20 | Sumapaz | 4.949,51 | 5.038,60 | 3.466,00 | 1.185.220,11 | 47,6% |
| | Totales | 9.189,00 | 7.738,00 | 7.486,00 | 2.492.347,00 | 100,0% |

Fuente: tablas informe final Inventario GEI 2008 Bogotá D.C. MRV

De la anterior tabla se observa que el principal emisor de GEI del módulo de ASUS corresponde a la localidad de Sumapaz, representando el 47.6% de las emisiones totales del módulo ASUS, seguido por la localidad de Ciudad Bolívar con el 20,7%, Usme con el 11,8%, y Usaquén con el 11,7%; sumando estas cuatro localidades se obtiene el 91,8% de las emisiones de GEI del módulo de ASUS para la línea base 2008.

El análisis por localidades, categorías y subcategorías, escenario referente 2008, genera la línea base para el planteamiento de estrategias, programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación, en el orden local, acorde con las directrices y compromisos de país y región.



4. MÓDULO RESIDUOS BOGOTÁ 2008 (DESECHOS IPCC 2006)

Las guías metodológicas IPCC revisión 2006, proporcionan las directrices y métodos para la estimación de emisiones GEI generadas por los desechos sólidos y líquidos en las categorías de eliminación de desechos sólidos (4A), el tratamiento biológico de los desechos sólidos (4B), la incineración e incineración abierta de desechos (4C), el tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D) y (5E) Otros (incluye desechos hospitalarios, desechos peligrosos y desechos agrícolas, no considerados en las anteriores categorías por las directrices 1996 IPCC).

Para el inventario local de GEI de Bogotá 2008, se estimaron las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero directos dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), provenientes de las actividades de eliminación de residuos sólidos y del tratamiento y eliminación de aguas residuales (Pulido, Ana Derly 2009). Igualmente se homogenizó la denominación y título de residuos para la categoría, acorde con la utilizada por Colombia en el marco de los inventarios Nacionales (Rodríguez, M 2008).

Marco metodológico

Para la evaluación de las emisiones GEI generadas en el Distrito Capital provenientes de la disposición, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos, se efectuó la caracterización y compilación de datos pertinentes a la generación, la composición y la gestión de los mismos, conllevando a la identificación de las categorías y subcategorías existentes en Bogotá.

Gráfica No. 18
Estructura del sector residuos aplicado en Bogotá D.C.
Metodología IPCC 2006



Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 - 2013

Posteriormente, se procedió a la identificación de las variables requeridas para el cálculo de acuerdo con los niveles metodológicos propuestas por el IPCC 2006; asimismo se identificaron las fuentes de información a utilizar según los datos disponibles.

Tabla No. 25
Estructura de la metodología aplicada en Bogotá
Módulo residuos

| CATEGORÍA IPCC | SUBCATEGORÍA IPCC | NIVEL DE INFORMACIÓN METODOLOGÍA IPCC 2006 INVENTARIO GEI BOGOTÁ 2008 | FUENTES DE INFORMACIÓN | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|--|---|---|---|--|
| 4A. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS | 4A1. Sitios gestionados de eliminación de residuos (Bogotá) desechos IPCC 2006 | Nivel 1 | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - (UAESP). Base informes Proactiva Doña Juana E.S.P. S.A. Aguas de Bogotá S.A. E.S.P. Directrices IPCC 2006 | Datos generación, composición y gestión desechos; de grandes generadores en el capítulo 2 Datos de disposición final de desechos en RSDJ |
| | 4D1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | Nivel 3 Nivel 1 (factor emisión IPCC) | Acueducto de Bogotá - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR Salitre | Datos específicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Información en planta de los volúmenes de biogás generados y de la caracterización del gas |
| 4D. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES | 4D2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | Nivel 2 | Secretaría Distrital de Ambiente - SDA - oficina de control de calidad y uso del agua. Base de datos vertimientos | Valores de actividad (cantidad de agua residual industrial y contenido de materia orgánica) propios de cada planta |
| | 4D3. Emisiones óxido nitroso, por disposición de aguas residuales en cuerpos de agua | Nivel 1 | Censo DANE población 2005 con proyecciones a 2008 en concordancia con datos y cálculos de la Secretaría Distrital de Planeación DANE Inventario Nacional de Efecto Invernadero 2000 - 2004 Colombia FAO – datos consumo proteína países | Datos de población Bogotá 2008 por localidades Datos factor consumo de proteína proyectado con base en el aplicado en el país GEI 2004 |

Fuente: Rodríguez, M 2012

Finalmente, se recopilaron y procesaron los datos; el cálculo se realizó de acuerdo con los requerimientos de las variables a manejar en la aplicación de las directrices enmarcadas en la metodología de IPCC para cada una de las categorías y subcategorías, apropiadas para la contabilización de las emisiones GEI en este sector dentro del Distrito Capital; acorde con lo estructurado en la tabla No. 25.



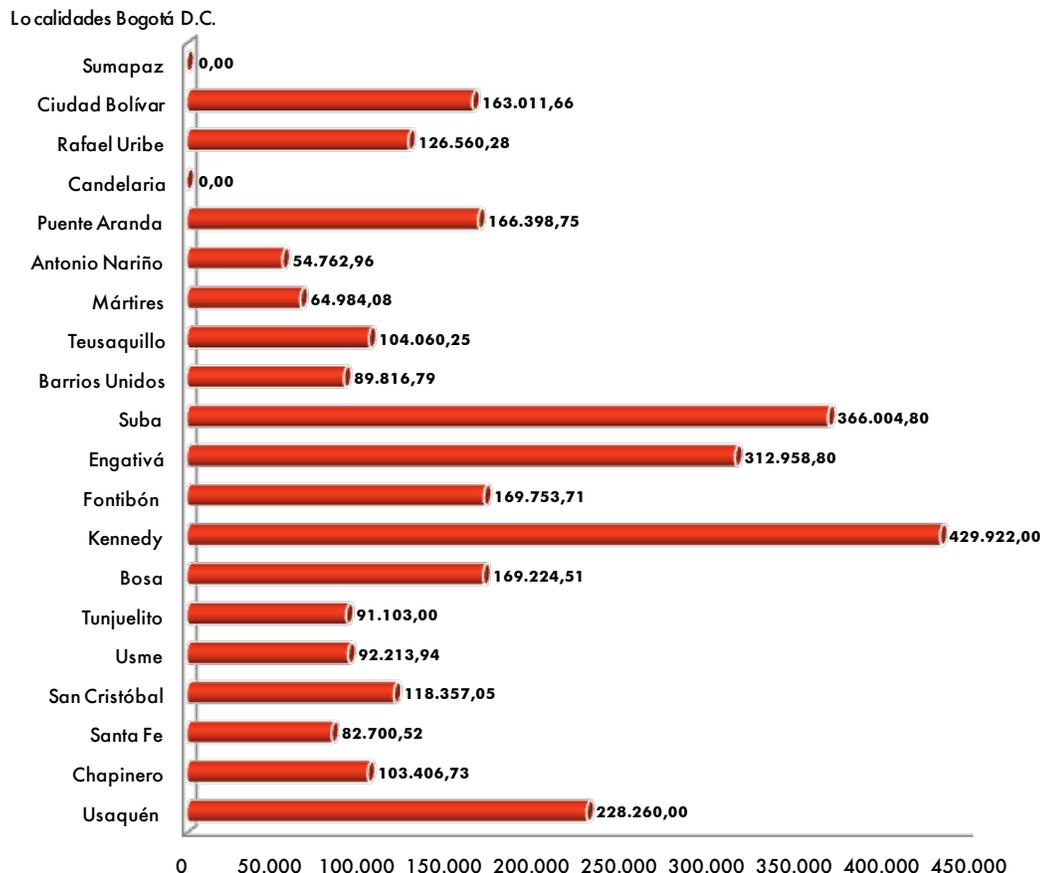
4A. Eliminación de desechos sólidos

La categoría considera el tratamiento y eliminación de los desechos sólidos municipales, comerciales, industriales y otros. Los sitios donde se disponen y/o eliminan desechos sólidos producen cantidades significativas de metano (CH_4). También generan dióxido de carbono biogénico (CO_2) y Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), generados por las subcategorías de sitios gestionados de eliminación de desechos (4A1) y la de sitios no gestionados de eliminación de desechos (4A2) (Guías IPCC 2006). Para Bogotá la subcategoría contabilizada fue la de sitios gestionados de eliminación de residuos.

4A1 Sitios gestionados de eliminación de residuos

Para esta subcategoría el cálculo de emisiones se generó a partir de los datos reportados sobre la Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), dispuestos en el Relleno Sanitario Doña Juana-RSDJ (datos base-UAESP) en 2008. Por la fracción de carbono orgánico degradable de cada tipo de residuo, se tomó del valor dado por defecto por el IPCC, además del factor de corrección del metano (directrices IPCC volumen 5 pág. 3.9). Arrojando un total de 139.690,56 toneladas de metano CH_4 , las cuales multiplicadas por su factor de poder de calentamiento global de 21, representan en toneladas de dióxido de carbono equivalente un total de 2.933.501,76t para el año 2008, distribuidas en las 20 localidades que componen el territorio administrativo en la ciudad.

Gráfica No. 19
Resultado toneladas CO_2eq . categoría 4A1
Residuos 2008



Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

4D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales

La subcategoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales contempla las emisiones de CH₄ y N₂O generadas a partir del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1), el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (4D2) y las emisiones de óxido nitroso, por disposición de aguas residuales en cuerpos de agua (4D3), según las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada en 2006.

Para Bogotá se consideró la generación de metano por el tratamiento de las aguas residuales domésticas, el CH₄, generado por el tratamiento de las aguas residuales industriales, y el óxido nitroso generado por la disposición de las aguas servidas humanas en cuerpos de agua (Pulido, Ana Derly 2009).

4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

Se entiende por aguas residuales domésticas o aguas servidas, los residuos de aguas utilizadas en los hogares. En esta subcategoría se contabilizaron las aguas residuales generadas en el norte de la ciudad, colectadas en el sistema de alcantarillado e interceptores que confluyen en la cuenca El Salitre, que son tratadas y depuradas en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales el Salitre- PTAR.

Las aguas residuales saneadas en la PTAR se originan de fuentes de uso doméstico, comercial e industrial. Las emisiones de metano en esta subcategoría dependen de la cantidad de desechos orgánicos generados y del factor de emisión que caracteriza la proporción en la que estos residuos generan CH₄. Los datos utilizados para la definición del nivel de información e identificación de las variables a manejar en el cálculo de emisiones, son los siguientes:

Población atendida: 2.200.000 habitantes

Tipo de tratamiento: primario avanzado químicamente asistido

Caudales de operación: medio: 4.0 m³/s, máximo: 9.9 m³/s

Eficiencia en remoción (según licencia ambiental): SST: 60%, DBO5: 40%

Estabilización de lodos: tratamiento anaeróbico

Generación de biogás: 13.500 m³/d

Generación de biosólidos: 165 t/día.; a partir de esta información, los valores IPCC los factores de emisión por defecto y de la aplicación de la fórmula:

Metano (t/año)= Biogás generado (m³/día)* contenido metano en biogás*(365 días)/año*densidad metano (kg/m³)*1/1000

Se obtuvo como resultado del cálculo que la planta del Salitre genera un total de 2.525 toneladas de metano en 2008, las cuales representan en tCO₂eq 53.025,00t. Es importante explicar que las emisiones contabilizadas en esta subcategoría se calculan a manera informativa, por lo tanto no se incluyen en los resultados del módulo, dado que parte del metano es recuperado y otra parte quemado en teas, por lo tanto no hay emisiones netas de metano a la atmósfera (Pulido, Ana Derly 2009).

4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Esta subcategoría estima el potencial de producción de CH₄ derivado de los flujos de agua residual industrial con base en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el volumen de esta y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos (IPCC 2006).

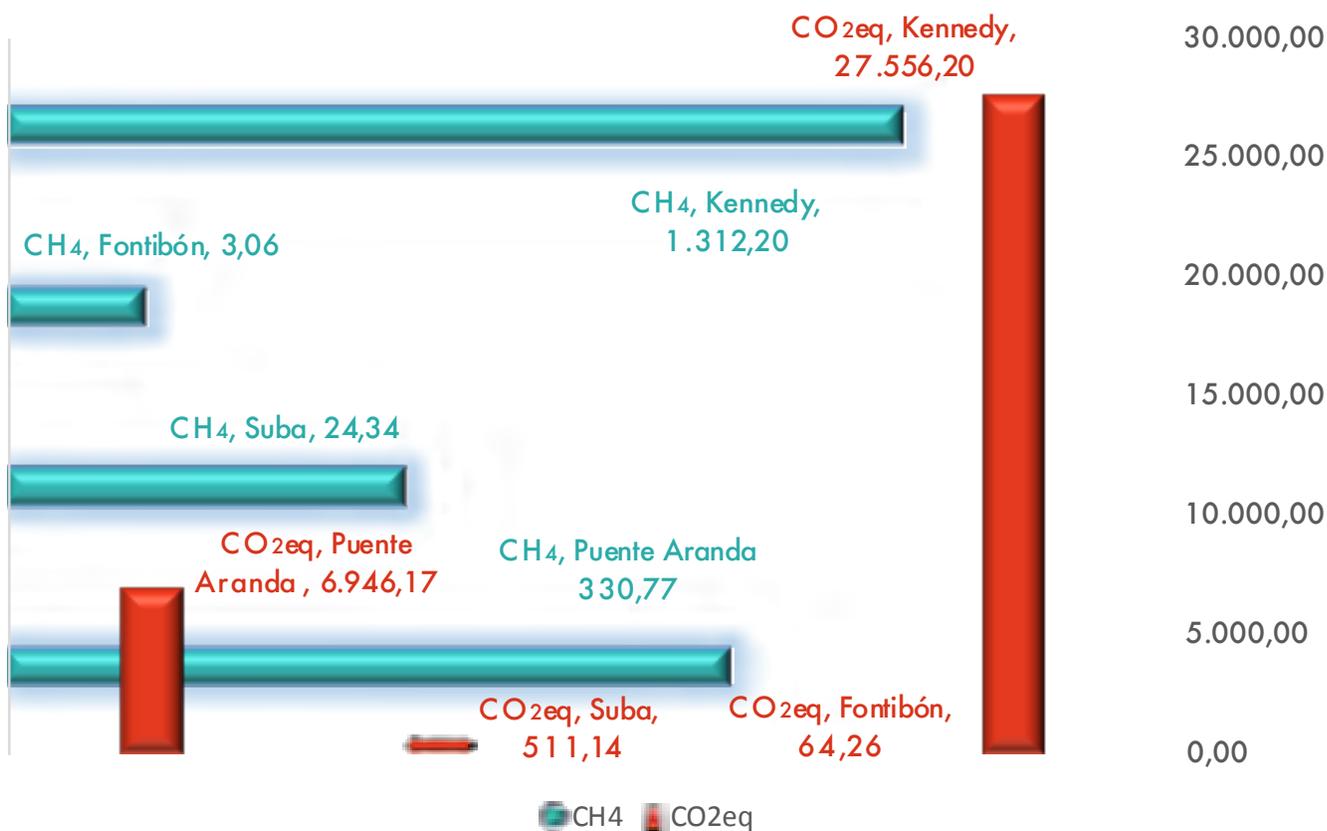
Para la ciudad capital se tomó como fuente de información datos sobre aguas residuales generadas (m³/año) y la Demanda Química de Oxígeno (Kg DQO/m³) en las plantas identificadas en la base de datos de la Se-



cretaria Distrital de Ambiente sobre vertimientos industriales, y se aplicaron para el cálculo de emisiones de CH₄ las fórmulas y factores por defecto propuestos por el IPCC, de la siguiente manera:

Aguas generadas y tratadas en la localidad de Kennedy para las empresas Gaseosas Colombiana S.A., la Esperanza Industrial de Alimentos Ltda. y Congelados Agrícolas S.A. Congelagro, alcanzando un total de 1.312.20t de metano y 27.556.20 en tCO₂eq. En la localidad de Fontibón se tuvieron en cuenta las empresas Comestibles Italo S.A. y Kellogg de Colombia S.A., obteniendo un total de 3,06t de metano y un 64,26 en tCO₂eq.

Gráfica No.20
Resultado por gases GEI localidades, categoría 4D2
Bogotá D.C. 2008



Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

En la localidad de Suba se contabilizaron las emisiones generadas por las empresas Compañía Nacional de Levaduras Levapan S.A., con un total de 24.34t de metano y 511.14 en tCO₂eq, y en la localidad se contabilizaron las aguas generadas y tratadas para las empresas Gaseosas Lux S.A. y Frigosan, con un total de 330.77t de metano y 6.946.17 en tCO₂eq.

Para esta subcategoría el cálculo de emisiones arrojó un total de 1.670,37 toneladas de CH₄, las cuales representan en toneladas de CO₂ equivalente 35.077,77t.

4D3 Óxido nítrico por aguas servidas humanas en cuerpos de agua

En esta subcategoría se tratan las emisiones indirectas de N₂O derivadas de efluentes de tratamiento de aguas servidas que se eliminan en cuerpos de agua (ríos y quebradas), a ser tratadas antes de su disposición. En cualquiera de estas formas de disposición se obtienen los procesos de nitrificación y desnitrificación, que da origen al gas óxido nítrico en mayor proporción y otros gases como metano y dióxido de carbono en menor cantidad (IPCC 2006).

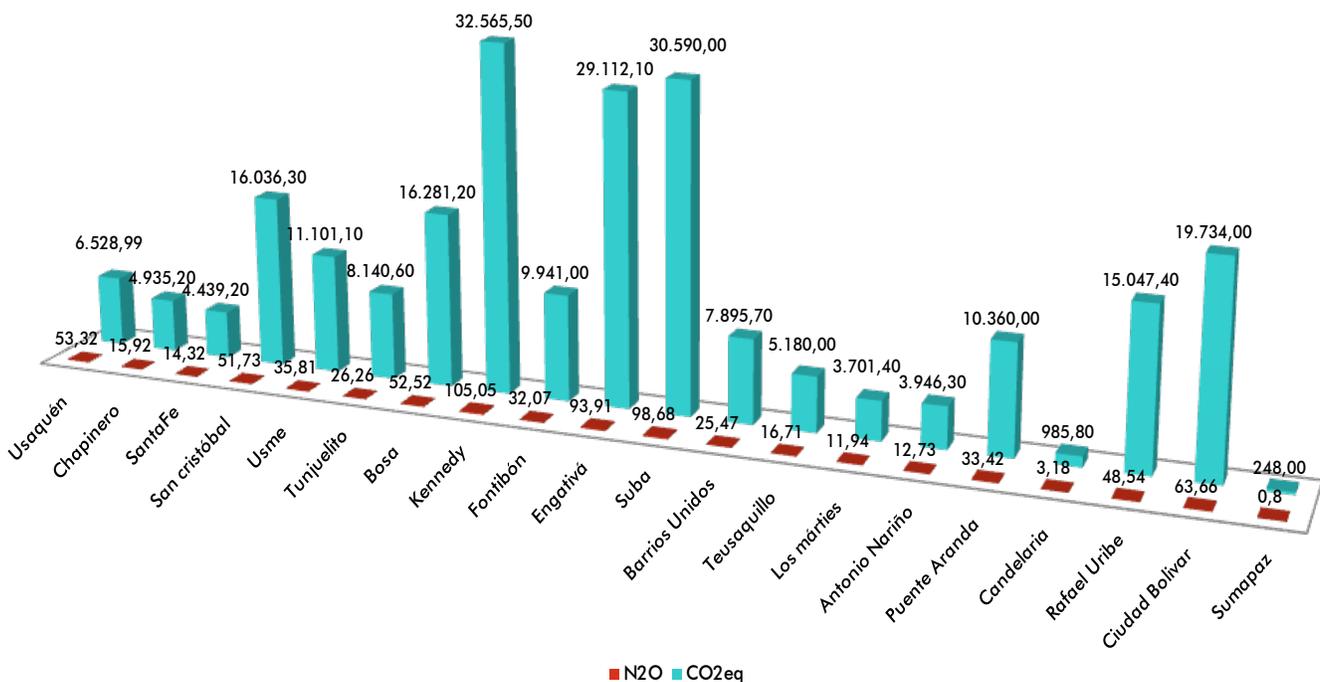
$$\text{Emisiones de N}_2\text{O}_{eq} = \text{N Efluente} * \text{E. F Efluente} * 44/28$$

Para Bogotá, en el marco de las anteriores consideraciones y características, las emisiones de óxido nítrico (N₂O) se establecen como el producto entre la población, el consumo de proteína per cápita y el porcentaje en peso de nitrógeno contenido en las proteínas.

Para el cálculo local se asumió el mismo factor de consumo de proteína utilizado por Colombia al 2004 de 23,36 kg/hab/año, el cual proyectado al 2008 nos arrojó un valor del 25,29% acorde con la directriz del IPCC y hoja de cálculo para esta categoría se asumió la población de Bogotá a 2008.

Se obtuvo una generación de 796,04 toneladas de N₂O, equivalente en tCO₂ a 246.772,19 toneladas, distribuidas en las 20 localidades que componen el territorio urbano y rural del Distrito Capital.

Gráfica No. 21
Resultados por gases GEI localidades
Categoría 4D3 Bogotá D.C. 2008



Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013



Resultados por categoría y gas

Al finalizar el ejercicio base de 2008 las emisiones del sector residuos (desechos IPCC/2006), se contabilizó un total de 3.215.351,72 toneladas de CO₂eq., distribuidas de la siguiente manera: sitios gestionados de eliminación de desechos 2.933.501,76 tCO₂eq; tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales 35.077,77 tCO₂eq; emisiones de óxido nitroso por aguas servidas humanas 246.772,19 tCO₂eq; las cuales fueron consolidadas a partir del siguiente algoritmo:

$$\begin{aligned} \text{Emisiones CO}_2\text{eq-ResiduosB} &= \Sigma[(\text{tCH}_4 * 21) + (\text{tN}_2\text{O} * 310)] \\ \text{ECO}_2\text{eq ResiduosB} &= \Sigma[(141.360,93 * 21) + (796,04 * 310)] \\ \text{ECO}_2 \text{ ResiduosB} &= 3.215.341.72 \text{ tCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

Tabla No.26
Emisiones por categoría y gas

| | Categoría IPCC | tCO₂ | tCH₄ | tN₂O | tCO₂ eq |
|------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 4A1 | Sitios gestionados de eliminación de desechos | 0,00 | 139.690,56 | 0,00 | 2.933.501,76 |
| 4D2 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 0,00 | 1.670,37 | 0,00 | 35.077,77 |
| 4D3 | Óxido nitroso por aguas servidas humanas | 0,00 | 0,00 | 796,04 | 246.772,19 |
| | Totales | 0,00 | 141.360,93 | 796,04 | 3.215.351,72 |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

El total de emisiones del módulo corresponden en un 98,81% a metano (CH₄), (tabla No.26), las cuales representan el 19.75% para el sector residuos (desechos-IPCC 2006), del total de emisiones GEI en tCO₂eq, siendo los sitios gestionados de eliminación de residuos los que mayor aportan con 91,23% y las descargas de aguas residuales (tanto domésticas como industriales) con 7,67% y 1,09%, respectivamente.

Resultados de gases por localidades

En concordancia con la construcción de la línea base de Bogotá para la formulación de estrategias, programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación, se desarrolló la consolidación en toneladas de CO₂eq, población y porcentaje de participación en las emisiones GEI del sector, para cada una de las 20 localidades territoriales.

La tabla No 27, incorpora el porcentaje por gas del módulo de residuos, evidenciando la mayor representatividad la generación de CH₄ en la localidad de Kennedy con 21.784,71, seguida por las localidades de Suba con 17.453,14, Engativá con 14.902,80, Usaquén con 10.869,54, Puente Aranda con 8.254,52 y Bosa con 8.058,31 toneladas.

Tabla No. 27
Emisiones por categoría y gas

| Localidad | Población | tCO₂ | tCH₄ | tN₂O | Total tCO₂ eq | Aporte % |
|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Usaquén | 459.669 | 0,00 | 10.869,54 | 53,32 | 244.789,33 | 7,61 |
| Chapinero | 129.774 | 0,00 | 4.924,13 | 15,92 | 108.341,93 | 3,37 |
| Santa Fe | 109.704 | 0,00 | 3.938,12 | 14,32 | 87.139,72 | 2,71 |
| San Cristóbal | 410.214 | 0,00 | 5.636,05 | 51,73 | 134.393,35 | 4,18 |
| Usme | 335.350 | 0,00 | 4.391,14 | 35,81 | 103.315,04 | 3,21 |
| Tunjuelito | 202.168 | 0,00 | 4.338,28 | 26,26 | 99.244,48 | 3,09 |
| Bosa | 539.794 | 0,00 | 8.058,31 | 52,52 | 185.505,71 | 5,77 |
| Kennedy | 985.570 | 0,00 | 21.784,71 | 105,05 | 490.044,41 | 15,24 |
| Fontibón | 322.172 | 0,00 | 8.086,57 | 32,07 | 179.759,67 | 5,59 |
| Engativá | 819.912 | 0,00 | 14.902,80 | 93,91 | 342.070,90 | 10,64 |
| Suba | 993.377 | 0,00 | 17.453,14 | 98,68 | 397.106,74 | 12,35 |
| Barrios Unidos | 230.026 | 0,00 | 4.276,99 | 25,47 | 97.712,49 | 3,04 |
| Teusaquillo | 142.619 | 0,00 | 4.955,25 | 16,71 | 109.240,35 | 3,40 |
| Los Mártires | 96.930 | 0,00 | 3.094,48 | 11,94 | 68.685,48 | 2,14 |
| Antonio Nariño | 107.682 | 0,00 | 2.607,76 | 12,73 | 58.709,26 | 1,83 |
| Puente Aranda | 257.962 | 0,00 | 8.254,52 | 33,42 | 183.705,12 | 5,71 |
| La Candelaria | 24.067 | 0,00 | 0,00 | 3,18 | 985,80 | 0,03 |
| Rafael Uribe | 377.440 | 0,00 | 6.026,68 | 48,54 | 141.607,68 | 4,40 |
| Ciudad Bolívar | 604.491 | 0,00 | 7.762,46 | 63,66 | 182.746,26 | 5,68 |
| Sumapaz | 6.131 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 248,00 | 0,01 |
| Total 2008 | 7.155.052 | 0,00 | 141.360,93 | 796,04 | 3.215.351,72 | 100,00 |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

RESULTADOS DETALLADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA BOGOTÁ D.C. 2008 – IPCC 2006

Los resultados resumen de este inventario en Bogotá se presentan con un desglose adicional de las fuentes de emisiones por subcategorías y dióxido de carbono equivalente, para cada uno de los módulos, con el porcentaje de participación por cada subcategoría. En la tabla No. 28, se muestra la correspondencia entre los sectores generadores de GEI que consideró Bogotá, mientras que en la gráfica No.22 se muestra la distribución de emisiones por sectores de actividad y porcentaje de participación por categoría IPCC en Bogotá año 2008.

Los datos reflejados en la gráfica No.22 nos muestran los sectores IPCC 2006, con los datos en toneladas de CO₂eq., obtenidos a partir de la consolidación de la línea base de Bogotá 2008, en fuentes emisoras, emisiones y sumideros; plataforma para la generación de escenarios que faciliten la instrumentación de medidas, planes y programas para la mitigación y adaptación al potencial impacto del fenómeno del cambio climático global, actuando desde lo local con base en las directrices IPCC 2006, así: Energía 10.566.325.44 toneladas de CO₂eq, Residuos 3.215.351.72t CO₂eq, Agricultura, silvicultura y usos del suelo (ASUS) 2.492.347.00t CO₂eq y Procesos industriales con 5.254.48t CO₂eq (Rodríguez M, 2012). La consolidación se efectuó con base en la ecuación adaptada para la presentación del dato total en tCO₂eq, así:

$$\begin{aligned} \text{ECO}_2\text{eqGEIB} &= \Sigma[\text{Energía} + \text{Procesos Industriales} + \text{ASUS} + \text{Residuos}], \\ \text{ECO}_2\text{eqGEIB} &= \Sigma[10.566.325.44 + 5.254.48 + 2.492.347.00 + 3.351.251.72] \\ \text{ECO}_2\text{eqGEIB} &= 16.279.278,64 \end{aligned}$$

Tabla No. 28

Línea base Bogotá de emisiones GEI en tCO₂eq, por categorías IPCC participación y porcentaje (%) por subcategorías

| Categoría IPCC | tCO ₂ eq | Participación |
|---|---------------------|-----------------------------------|
| | | en el total de emisiones GEI 2008 |
| 1A1c Manufactura de combustibles sólidos | 38,92 | 0,00 |
| 1A2a Hierro y acero | 13.213,02 | 0,08 |
| 1A2b Metales no ferrosos | 8.346,49 | 0,05 |
| 1A2c Productos químicos | 74.675,18 | 0,46 |
| 1A2d Pulpa, papel e imprenta | 33.972,90 | 0,21 |
| 1A2e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco | 376.949,10 | 2,32 |
| 1A2f Minerales no metálicos | 180.173,29 | 1,11 |
| 1A2g Equipo de transporte | 78.092,15 | 0,48 |
| 1A2h Maquinaria | 65.535,25 | 0,40 |
| 1A2i Minería (con excepción de combustibles) y cantería | 94,06 | 0,00 |
| 1A2j Madera y productos de la madera | 3.730,73 | 0,02 |
| 1A2k Construcción | 361,38 | 0,00 |
| 1A2l Textiles y cueros | 237.980,73 | 1,46 |

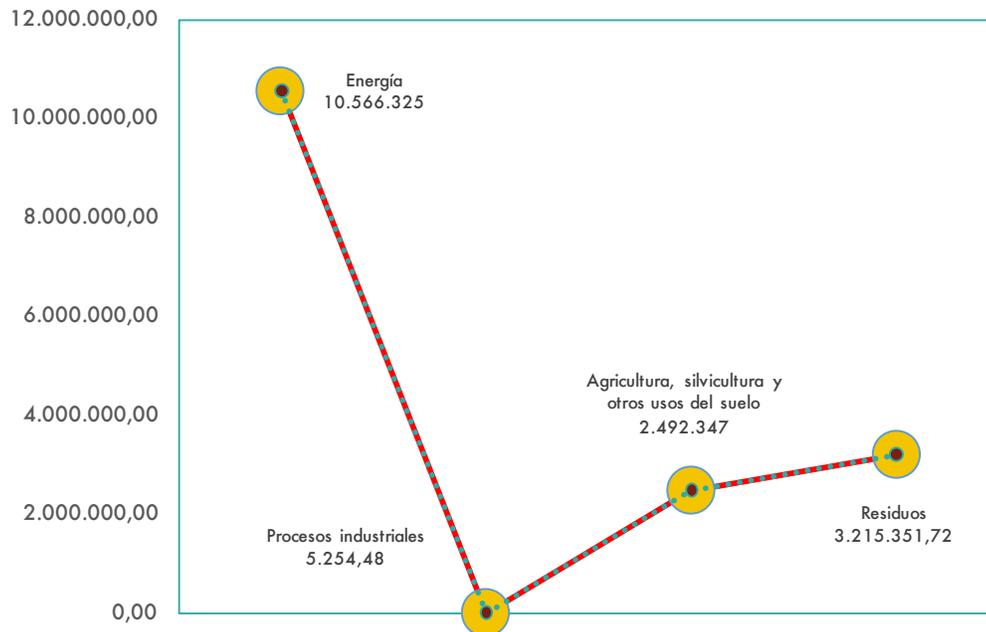
ENERGÍA

| | | | | |
|--|--|--|----------------------|---------------|
| PROCESOS INDUSTRIALES | 1A2m | Industria no especificada | 69.806,96 | 0,43 |
| | 1A3a | Transporte aéreo | 230.198,98 | 1,41 |
| | 1A3b | Transporte terrestre | 4.831.224,66 | 29,68 |
| | 1A4a | Comercial / Institucional | 1.279.736,79 | 7,86 |
| | 1A4b | Residencial | 541.165,97 | 3,32 |
| | 1A4c | Agricultura / Silvicultura / Pesca | 3.306,66 | 0,02 |
| | 1B2 | Petróleo y gas natural | 3.446,61 | 0,02 |
| | | Otros (uso energía eléctrica) | 2.534.275,58 | 15,57 |
| | | Total módulo Energía | 10.566.325,44 | 64,91 |
| | AGRICULTURA SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO | 2A3 | Producción de vidrio | 426,00 |
| 2D1 | | Uso de lubricantes y cera | 4.828,48 | 0,03 |
| | | Total módulo Procesos industriales | 5.254,48 | 0,03 |
| 3A1 | | Fermentación entérica | 32.550,00 | 0,20 |
| 3A2 | | Gestión del estiércol | 191.120,00 | 1,17 |
| 3B1 | | Tierras forestales | 104.480,00 | 0,64 |
| 3B2 | | Tierras de cultivo | 1.500,00 | 0,01 |
| 3B3 | | Pastizales | 528.587,00 | 3,25 |
| 3B4 | | Humedales | 3.905,00 | 0,02 |
| 3B5 | | Asentamientos | 668,00 | 0,00 |
| 3B6 | Otras tierras | 528,00 | 0,00 | |
| 3C1 | Emisiones de GEI por quemado de biomasa | 231.630,00 | 1,42 | |
| 3C2 | Encalado | 542.220,00 | 3,33 | |
| 3C3 | Aplicación de urea | 854.050,00 | 5,25 | |
| 3D1 | Productos de madera recolectada | 1.109,00 | 0,01 | |
| | Total módulo Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo | 2.492.347,00 | 15,31 | |
| RESIDUOS | 4A1 | Sitios gestionados de eliminación de desechos | 2.933.501,76 | 18,02 |
| | 4D1 | Óxido nitroso por aguas servidas humanas | 246.772,19 | 1,52 |
| | 4D2 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 35.077,77 | 0,22 |
| | | Total módulo Residuos | 3.215.351,72 | 19,75 |
| Total inventario GEI línea base emisiones 2008 de Bogotá D.C. | | | 16.279.278,64 | 100,00 |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

El sector energético es el principal contribuyente con un 64,91% respecto al total Distrital, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles en los sectores de transporte terrestre con el 29,68%, el uso de energía eléctrica 15,57%. Le sigue el sector de residuos con el 19,75%, debido a la generación de metano por la disposición y eliminación de residuos sólidos; el tercer emisor es el sector de agricultura, silvicultura y usos del suelo con el 15,31%, relacionado con la generación de óxido nitroso donde predominan las subcategorías de aplicación de urea con el 5.35%, el encalado con e.33% y pastizales con el 3.25%.

Gráfica No. 22
Línea base 2008 categorías
IPCC y porcentaje participación sector



Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

En el cuarto lugar se ubicó con el menor índice de emisiones de CO₂ durante el 2008 el sector de Procesos industriales

Tabla No. 29
Línea base toneladas de GEI directos por sector IPCC Bogotá 2008

Línea base toneladas de GEI directos por sector IPCC Bogotá 2008

| IPCC | Sectores | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq |
|--|---|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | Energía | 10.294.762,30 | 5.291,52 | 517,55 | 10.566.325,44 |
| 2 | Procesos industriales | 5.254,48 | 0,00 | 0,00 | 5.254,48 |
| 3 | Agricultura, silvicultura, usos del suelo | 9.189,00 | 7.738,00 | 7.486,00 | 2.492.347,00 |
| 4 | Residuos | 0,00 | 141.360,93 | 796,04 | 3.215.351,72 |
| Totales | | 10.309.205,78 | 154.390,45 | 8.799,59 | 16.279.278,64 |
| Total % participación por GEI directos Bogotá 2008 | | 98,44 | 1,47 | 0,08 | 100,00 |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

Resultados por gases directos GEI y categorías IPCC 2006

Para el informe de las emisiones agregadas por gases GEI directos se usó la unidad de CO₂ equivalente, utilizando para ello los potenciales de calentamiento global proporcionado por el IPCC en su segundo informe de evaluación. Los resultados de las emisiones antropogénicas se publican en la tabla No. 30, de tal manera que la información se encuentra estructurada por gases y categorías de emisión IPCC 2006.

Tabla No. 30
Línea base Bogotá de emisiones GEI en toneladas de CO₂, CH₄, N₂O y CO₂eq. por categorías y subcategorías IPCC

| Categoría IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|-------------------|--|----------------------|------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| Módulo de Energía | | | | | | |
| 1A1c | Manufactura de combustibles sólidos | 37,00 | 0,04 | 0,00 | 38,92 | 0,00 |
| 1A2a | Hierro y acero | 13.156,66 | 0,87 | 0,12 | 13.213,02 | 0,00 |
| 1A2b | Metales no ferrosos | 8.314,15 | 0,45 | 0,07 | 8.346,49 | 0,00 |
| 1A2c | Productos químicos | 74.564,64 | 2,18 | 0,21 | 74.675,18 | 0,00 |
| 1A2d | Pulpa, papel e imprenta | 33.848,60 | 3,48 | 0,17 | 33.972,90 | 0,00 |
| 1A2e | Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco | 376.046,94 | 16,97 | 1,76 | 376.949,10 | 0,00 |
| 1A2f | Minerales no metálicos | 178.092,31 | 52,78 | 3,14 | 180.173,29 | 0,00 |
| 1A2g | Equipo de transporte | 78.013,43 | 1,52 | 0,15 | 78.092,15 | 0,00 |
| 1A2h | Maquinaria | 65.434,60 | 1,90 | 0,20 | 65.535,25 | 0,00 |
| 1A2i | Minería (con excepción de combustibles) y cantería | 93,57 | 0,01 | 0,00 | 94,06 | 0,00 |
| 1A2j | Madera y productos de la madera | 3.666,52 | 1,89 | 0,08 | 3.730,73 | 0,00 |
| 1A2k | Construcción | 358,75 | 0,04 | 0,01 | 361,38 | 0,00 |
| 1A2l | Textiles, cueros, plásticos y caucho | 237.238,54 | 11,96 | 1,58 | 237.980,73 | 0,00 |
| 1A2m | Industria no especificada | 69.471,29 | 11,06 | 0,33 | 69.806,96 | 0,00 |
| 1A3a | Transporte aéreo | 227.595,93 | 14,91 | 7,39 | 230.198,98 | 0,00 |
| 1A3b | Transporte terrestre | 4.576.281,29 | 4.865,08 | 492,83 | 4.831.224,66 | 0,00 |
| 1A4a | Comercial | 252.475,55 | 36,33 | 0,62 | 253.429,94 | 0,00 |
| | Institucional | 1.021.017,41 | 134,90 | 7,92 | 1.026.306,85 | 0,00 |
| 1A4b | Residencial | 539.850,66 | 48,36 | 0,97 | 541.165,97 | 0,00 |
| 1A4c | Agricultura / Silvicultura / Pesca | 3.298,62 | 0,30 | 0,01 | 3.306,66 | 0,00 |
| 1B2 | Petróleo y gas natural | 1.630,24 | 86,49 | 0,00 | 3.446,61 | 0,00 |
| 1 Otros | Consumo de energía eléctrica | 2.534.275,58 | 0,00 | 0,00 | 2.534.275,58 | 0,00 |
| Totales | | 10.294.762,30 | 5.291,52 | 517,55 | 10.566.325,44 | 0,00 |



Módulo Procesos industriales

| Categoría IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|----------------|--|------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| 2A3 | Producción de vidrio | 426,00 | 0,00 | 0,00 | 426,00 | 0,00 |
| 2D1 | Uso de lubricantes y cera | 4.828,48 | 0,00 | 0,00 | 4.828,48 | 0,00 |
| 2H2 | Industria de la alimentación y las bebidas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4.619,0 |
| Totales | | 5.254,48 | 0,00 | 0,00 | 5.254,48 | 4.619,0 |

Módulo Agricultura, silvicultura, usos del suelo

| Categoría IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|----------------|--|------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| 2D1 | Uso de lubricantes y cera | 4.828,48 | 0,00 | 0,00 | 4.828,48 | 0,00 |
| 2H2 | Industria de la alimentación y las bebidas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4.619,0 |
| Totales | | 5.254,48 | 0,00 | 0,00 | 5.254,48 | 4.619,0 |

Módulo Agricultura, silvicultura, usos del suelo

| Categoría IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|----------------|---|------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| 3A1 | Fermentación entérica | 0,00 | 1.550,00 | 0,00 | 32.550,00 | 0,00 |
| 3A2 | Gestión del estiércol | 0,00 | 1.410,00 | 521,00 | 191.120,00 | 0,00 |
| 3B1 | Tierras forestales | 1.597,00 | 943,00 | 268,00 | 104.480,00 | 0,00 |
| 3B2 | Tierras de cultivo | 1.500,00 | 0,00 | 0,00 | 1.500,00 | 0,00 |
| 3B3 | Pastizales | 1.103,00 | 1.204,00 | 1.620,00 | 528.587,00 | 0,00 |
| 3B4 | Humedales | 167,00 | 178,00 | 0,00 | 3.905,00 | 0,00 |
| 3B5 | Asentamientos | 668,00 | 0,00 | 0,00 | 668,00 | 0,00 |
| 3B6 | Otras tierras | 45,00 | 23,00 | 0,00 | 528,00 | 0,00 |
| 3C1 | Emisiones de GEI por quemado de biomasa | 0,00 | 800,00 | 693,00 | 231.630,00 | 0,00 |
| 3C2 | Encalado | 1.000,00 | 810,00 | 1.691,00 | 542.220,00 | 0,00 |
| 3C3 | Aplicación de urea | 2.000,00 | 820,00 | 2.693,00 | 854.050,00 | 0,00 |
| 3D1 | Productos de madera recolectada | 1.109,00 | 0,00 | 0,00 | 1.109,00 | 0,00 |
| Totales | | 9.189,00 | 7.738,00 | 7.486,00 | 2.492.347,00 | 0,00 |

Módulo Residuos

| Categoría IPCC | Sub - Categoría IPCC | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | tCO ₂ eq | COVNM |
|----------------|--|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| 4A1 | Sitios gestionados de eliminación de desechos | 0,00 | 139.690,56 | 0,00 | 2.933.501,76 | 0,00 |
| 4D1 | Óxido nitroso por aguas servidas humanas | 0,00 | 0,00 | 796,04 | 246.772,19 | 0,00 |
| 4D2 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 0,00 | 1.670,37 | 0,00 | 35.077,77 | 0,00 |
| Totales | | 0,00 | 141.360,93 | 796,04 | 3.215.351,72 | 0,00 |

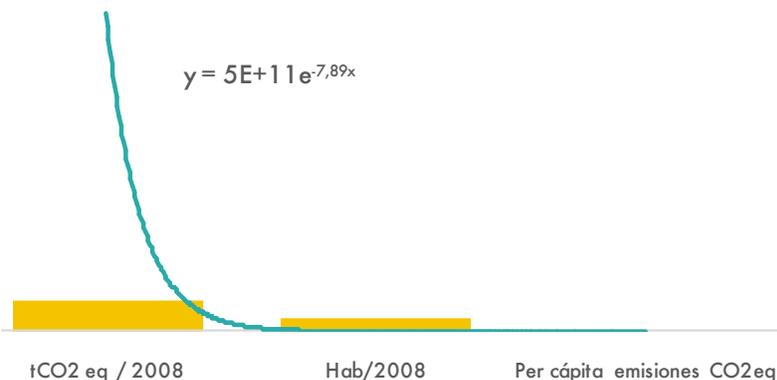
Total línea base referente 2008 10.309.205,78 154.390,45 8.799,59 16.279.278,64 4.619,00

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

Resultado emisiones per cápita en toneladas de CO₂ equivalente para Bogotá en el año de referencia para la línea base 2008

Se obtuvo teniendo en cuenta la población de Bogotá en 2008 de 7.155.052 habitantes, y las emisiones GEI en toneladas de CO₂ equivalente de 16.279.278,64, para un per Cápita por habitante de 2,28 t CO₂eq.

Gráfica No. 23
Per cápita tCO₂eq 2008 Bogotá D.C.



Resultados inventario por gases directos GEI y localidades

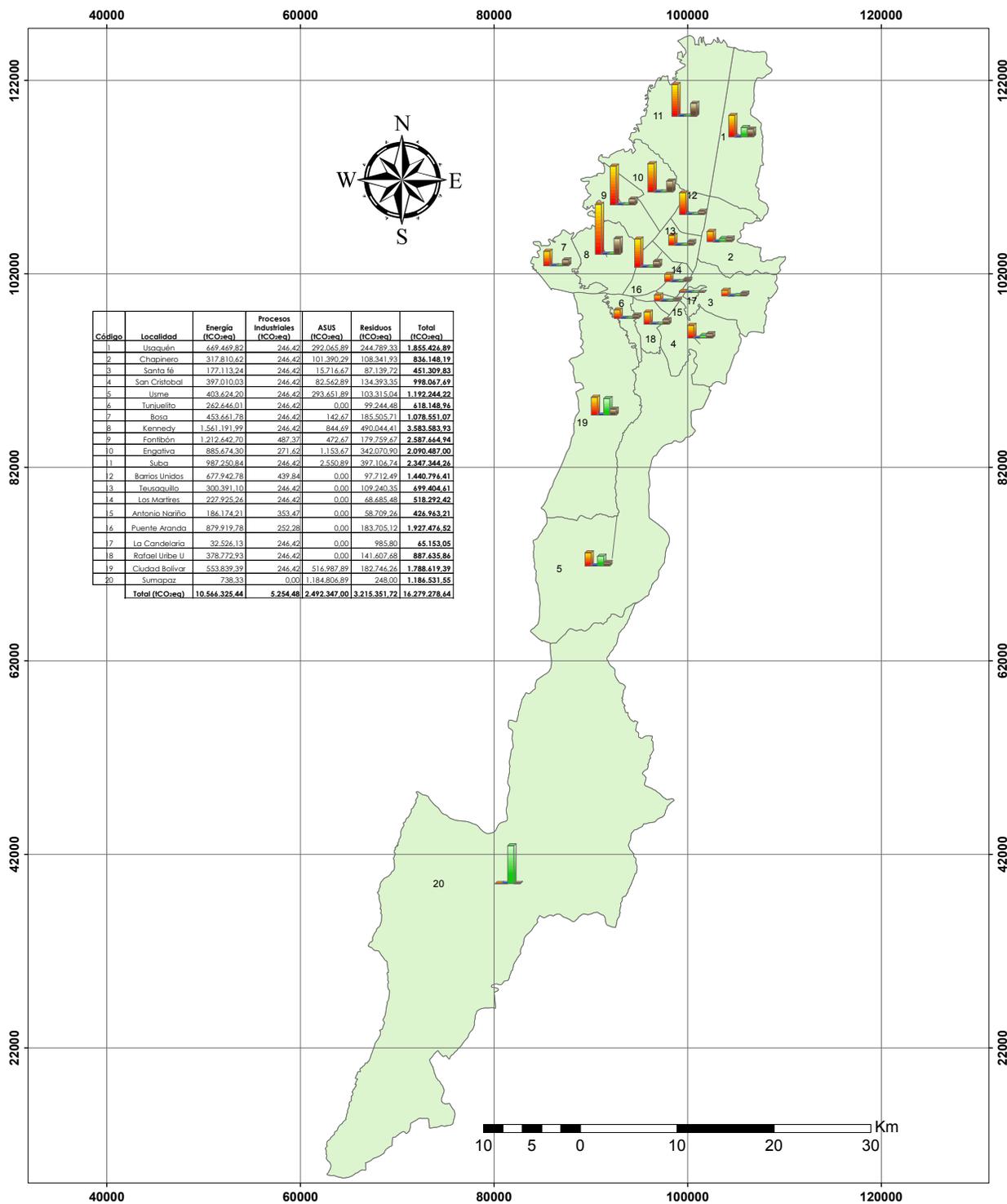
Se concluye como resultado del inventario que es necesario explorar en medidas para promocionar el ahorro y uso eficiente de energía y de combustibles fósiles. En general, se espera que este Inventario de Emisiones de GEI impulse el desarrollo e implementación del Programa Distrital de Mitigación y adaptación al cambio climático, que coadyuve a mitigar las emisiones en todos los rubros del inventario y en las localidades que conforman la ciudad capital; que se vea fortalecido por continuas actualizaciones según las necesidades de la entidad, así como por los avances científicos y técnicos en la materia a nivel global y nacional.

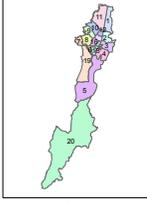
Tabla No. 31
Línea base Bogotá de emisiones GEI en tCO₂eq por localidades

| No. | LOCALIDAD | tCO ₂ | tCH ₄ | tN ₂ O | Total INVENGEI LINEA BASE 2008 - 2011 tCO ₂ eq |
|-----|--|----------------------|-------------------|-------------------|---|
| 1 | Usaquén | 649.384,78 | 11.730,06 | 1.002,76 | 1.206.571,46 |
| 2 | Chapinero | 308.683,28 | 5.438,00 | 338,41 | 527.789,26 |
| 3 | Santa Fe | 171.386,72 | 4.176,45 | 68,14 | 280.216,04 |
| 4 | San Cristóbal | 384.309,58 | 6.233,13 | 319,38 | 614.212,70 |
| 5 | Usme | 392.427,33 | 5.262,66 | 960,95 | 800.837,55 |
| 6 | Tunjuelito | 256.114,36 | 4.469,41 | 39,24 | 362.136,91 |
| 7 | Bosa | 438.981,55 | 8.351,60 | 81,26 | 639.556,58 |
| 8 | Kennedy | 1.531.068,98 | 22.407,79 | 163,53 | 2.052.327,51 |
| 9 | Fontibón | 1.194.455,70 | 8.478,20 | 67,30 | 1.393.362,41 |
| 10 | Engativá | 861.175,02 | 15.421,05 | 142,43 | 1.229.170,49 |
| 11 | Suba | 960.141,85 | 18.083,18 | 152,47 | 1.387.154,89 |
| 12 | Barrio Unidos | 664.845,15 | 4.547,64 | 50,80 | 776.095,11 |
| 13 | Teusaquillo | 289.538,15 | 5.168,93 | 38,04 | 409.877,87 |
| 14 | Los Mártires | 221.541,45 | 3.221,95 | 24,69 | 296.857,16 |
| 15 | Antonio Nariño | 181.983,15 | 2.695,65 | 21,44 | 245.236,94 |
| 16 | Puente Aranda | 863.491,70 | 8.582,87 | 64,98 | 1.063.877,18 |
| 17 | La Candelaria | 31.616,64 | 22,26 | 5,40 | 33.758,35 |
| 18 | Rafael Uribe | 366.997,35 | 6.261,72 | 71,40 | 520.627,03 |
| 19 | Ciudad Bolívar | 535.788,42 | 8.799,29 | 1.720,15 | 1.253.819,97 |
| 20 | Sumapaz | 5.274,62 | 5.038,60 | 3.466,80 | 1.185.793,22 |
| | Total emisiones GEI localidades | 10.309.205,79 | 154.390,45 | 8.799,59 | 16.279.278,64 |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

Mapa No. 2



| | | | | |
|---|---|--|--|--|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Secretaría Distrital de Ambiente</p> |  <p>LOCALIZACIÓN DE CONTEXTO</p> | <p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Totales (tCO₂eq) Energía Procesos Industriales ASUS Residuos | <p>Sistema de Coordenadas Proyectado: MAGNA, Colombia, Bogotá Proyección: Transverse_Mercator Falso_Este: 1000000,00000000 Falso_Norte: 1000000,00000000 Meridiano Central: -74,07750792 Latitud de Origen: -4,59620042</p> <p>FUENTES DE INFORMACIÓN UACED MAPA DIGITAL DE BOGOTÁ (CARTOGRAFÍA OFICIAL DE BOGOTÁ) SDP PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ DEC 489 DE 2009 INVENTARIO DE EMISIONES GEI GRUPO CAMBIO CLIMÁTICO SDA</p> | |
| <p>MAPA DE EMISIONES GEI BOGOTÁ D.C. EMISIONES TOTALES POR MÓDULO IPCC MAPA 1 DE 1</p> <p>Elaborado por: Ing. Sergio Alejandro Colmenares Peña Grupo Cambio Climático Dirección de Control Ambiental Secretaría Distrital de Ambiente Alcaldía Mayor de Bogotá Diciembre de 2012</p> | | | | |

Fuente: verificación Inventario GEI de Bogotá, 2008/DCA/GCC/2012 -2013

El análisis por localidades, categorías, subcategorías, subsectores y el establecimiento del escenario referente 2008 (tabla No. 31 y mapa No. 2) genera los fundamentos base para el planteamiento de estrategias, programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación, en el marco del Acuerdo 391 de agosto de 2009 emanado del Concejo de Bogotá; además del compromiso con acciones de sostenibilidad ambiental contenidos en los objetivos del milenio.

Planteamiento de opciones locales para la mitigación de GEI

En el presente apartado se abordan las posibles medidas para reducir los Gases de Efecto Invernadero, una vez realizado el inventario. Procediendo a identificar cuáles son los sectores clave para la reducción de emisiones, así como los programas, proyectos y dependencias con los que contamos para hacer frente al cambio climático y disminuir la concentración de los gases en la atmósfera, en los sectores: energía, procesos industriales, agricultura, silvicultura, usos del suelo y residuos. Verificado el inventario e identificados los subsectores, gases y localidades clave para la reducción de emisiones (tablas No.29 y 30). Así como las opciones, programas y proyectos que propendan y sean viables en nuestro territorio para la reducción de la emisión y concentración de los gases (GEI) en la ciudad.

Para el Distrito Capital adoptamos como definición que la mitigación, consiste en cualquier acción que elimina o disminuye las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (adaptado de glosario de términos IPCC – Anexo B). Las acciones pueden ser de tipo tecnológico, político, financiero y biológico, las cuales están íntimamente ligadas con la actividad y desarrollo económico, además de la estructura normativa global, nacional y local. Estas pueden ejecutarse a través de la reducción de las fuentes de emisión de GEI, o al incrementar los sumideros.

Sector energía

Algunas de las tecnologías, políticas, medidas e instrumentos de mitigación de GEI que podrían adoptarse en la ciudad a corto, mediano y largo plazo en el sector a partir de los resultados mostrados en la tabla No 30 y la gráfica No. 22 se enlistan a continuación:

Subsector transporte

- Políticas que promuevan el desarrollo de transporte bajo en carbono
- Incentivar el uso de vehículos con mayor aprovechamiento de combustibles
- Promover el uso de sistemas de transporte no motorizado
- Generar instrumentos que incentiven la generación de desplazamientos cortos en la población

Subsector residencial y comercial

- Incentivar el uso de tecnologías de iluminación eficiente
- Políticas para incentivar la implementación de energías renovables
- Gestión orientada a la demanda
- Normas y etiquetado de electrodomésticos
- Políticas para uso eficiente de energía bajo el principio del pagar los costos de mejoramiento con los ahorros en cuentas de energía



Sector industria manufacturera

Recuperación de calor y energía
Acuerdos voluntarios
Promover eficiencia energética
Uso eficiente de equipos electrónicos
Reciclado y sustitución de materiales

Sector procesos industriales

Este sector solo representa los procesos industriales. No hay una sola vía para que las emisiones sean bajas en el futuro; los países y las regiones tendrán que elegir su propia vía.

Algunas de las alternativas y medidas de mitigación de GEI que podrían adoptarse en la ciudad a corto, mediano y largo plazo en las localidades, sectores y gases referidos a partir de los resultados (tabla No. 30), se enlistan a continuación:

Mejora de procesos

Reducción N₂O en la producción de nylon
Reducción de CF₄ en la producción de aluminio
Eliminación de HCFC

Sustitución de materiales

Sustitución de metales por plástico
Sustitución de hormigón por madera o plástico
Reducción de CO₂ relacionado con el transporte si los materiales son más ligeros
Utilización de sustancias químicas producidas con materiales vegetales

Beneficios de rendimiento energético

Luces, motores y bombas más eficientes
Mejor captación de calor – cascada térmica (es decir, ajuste del calor sobrante a menor temperatura a la tarea adecuada)

Reciclado/reutilización de materiales

Diseño de desmontaje, a partir de tecnologías de aprovechamiento y tratamiento para reutilización
Diseño de materiales para reutilizarlos
Reducción escalonada de la calidad de los materiales

Sector agricultura, silvicultura y otros usos del suelo

A continuación se formulan algunas opciones como medidas para mitigar los Gases Efecto Invernadero del módulo agricultura, silvicultura y otros usos del suelo, una vez identificadas en el inventario las subcategorías más significativas en cuanto a generación de GEI.

Estas medidas y conforme a la definición de mitigación (adaptado de glosario de términos IPCC-Anexo B), están enfocadas a reducir las fuentes de emisión GEI o mejorar los sumideros de captura de CO₂ en Bogotá. Entre estas alternativas se encuentran:

- Considerar el conflicto en el uso del suelo como una de las herramientas para la mitigación, ya que en estas áreas es donde se deben comenzar a gestionar las acciones encaminadas a reducir las emisiones GEI, habilitando áreas con potencial de captura de CO₂.
- Para el sector agropecuario de las áreas rurales de Bogotá, se recomienda implementar sistemas de biodigestores o biogás, con el objeto de reducir las emisiones de CH₄ que se generan por fermentación entérica, gestión del estiércol y pastizales principalmente.
- Incentivar las prácticas de labranza mínima y agricultura orgánica donde se suministran los abonos necesarios desde la misma finca, por ejemplo en forma de compost, donde las pérdidas de nutrientes y energía tienden a minimizarse y por ende se reducen las emisiones de gases. De igual manera promover el uso moderado y eficaz de cales, fertilizantes y abonos nitrogenados y gestión adecuada del estiércol.
- Desarrollar investigaciones en silvicultura urbana y rural para determinar cuáles especies preferiblemente nativas presentan mejor desempeño en captura de CO₂ y fijación de N, con el objeto de incentivar su plantación con asistencia técnica en los proyectos de arborización urbana o restauración ecológica, principalmente.
- Disminuir la deforestación de los ecosistemas estratégicos del Distrito, y promover la repoblación forestal (CIF) y la implementación de sistemas de agrosilvicultura.
- Priorizar los procesos de restauración ecológica en áreas con presencia de especies pirogénicas e invasoras, ya que estas son más susceptibles a generar quema de biomasa y liberar grandes cantidades de CO₂. De igual manera adelantar procesos de recuperación y rehabilitación ecológica en los humedales, disminuyendo las áreas de eutrofización que potencian las emisiones de CH₄.
- Los Productos de Madera Recolectada (PMR) tienen un efecto positivo en la mitigación, ya que almacenan carbono durante un plazo de tiempo más o menos duradero. La mitigación se puede potenciar aumentando la utilización de madera, fabricando productos de madera de mayor vida útil o haciendo un mayor uso de biomasa forestal como combustible, debido a la substitución de combustibles fósiles. Además, la fabricación y el transporte de los productos de la madera emiten menos CO₂ que otros materiales de construcción tales como el aluminio, acero u hormigón.
- Promover cambios en los estilos de vida y cambios de hábitos alimenticios que se traduzcan en la disminución de la demanda de productos cárnicos y lácteos generadores de GEI.
- Promover un enfoque más inteligente para la planificación del uso de la tierra. Estas prácticas inteligentes de crecimiento incluyen el desarrollo comunitario compacto, usos mixtos de la tierra y las prácticas para conservar el espacio verde. Estos programas ofrecen beneficios ambientales, económicos y beneficios de calidad de vida, sirven también para reducir el uso de la energía y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.



- Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la ganadería genera más emisiones de gases causantes del efecto invernadero que el sector del transporte. Además, es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos. Por lo anterior, se debe incentivar el uso de métodos de conservación y recuperación del suelo y la mejora de la dieta de los animales para reducir la fermentación intestinal y las consiguientes emisiones de metano, pasando por la construcción de plantas de reciclaje del estiércol.
- Apoyar la investigación y desarrollo de concentrados alimenticios para ganado que generen menor cantidad de GEI.
- Mejorar los sistemas de prevención y atención de incendios forestales y de quemas controladas.
- Promover el uso de la biomasa como fuente de energía. La leña y el gas metano emitido por los vertederos puede ayudar a recortar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, pero sólo si la vegetación utilizada con ese fin se sustituye por una cantidad equivalente o mayor de nuevas plantas (para que el dióxido de carbono liberado por la combustión de biomasa sea capturado de nuevo mediante la fotosíntesis).
- Promover el tratamiento biológico de los residuos de podas y talas mediante la producción de abonos orgánicos (humus, compost y bocashi) y la digestión anaeróbica de los residuos de podas y talas, para así reducir el volumen de los residuos, estabilizarlos y destruir los agentes patógenos que puedan contener; esto incluye el tratamiento mecánico y biológico.
- Realizar el comercio de los derechos de emisión. Empresas de países industrializados con compromiso de reducir las emisiones pueden comprar créditos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero mediante proyectos de compensación de las emisiones de carbono, enfocados a restauración de ecosistemas y no ha plantaciones industriales, ejecutados en países en desarrollo y en otros países industrializados (FAO). En Bogotá, se debe promover que las empresas no solamente implementen proyectos de responsabilidad social, sino también de responsabilidad ambiental, en donde se realicen compensaciones asistidas técnicamente a través de proyectos de arborización urbana o repoblación forestal con enfoque a restauración de ecosistemas que contribuyan a la reducción de emisiones GEI.
- Establecer el incremento de impuestos o sanciones a quienes aumenten sus emisiones GEI por actividades agropecuarias, forestales y de usos del suelo, así como incentivar con beneficios tributarios y crediticios a quienes disminuyan sus emisiones GEI.

Sector residuos

En el presente apartado se abordan las potenciales medidas para reducir los Gases de Efecto Invernadero en el sector residuos, verificado el inventario e identificados los subsectores, gases y localidades clave para la reducción de emisiones (tabla No. 28 y 31), y las viables opciones, medidas y proyectos que propendan en nuestro territorio por la reducción de la emisión y concentración de los gases directos CH₄ y N₂O en la ciudad.

A continuación se relacionan algunas de las alternativas y medidas de mitigación de GEI que podrían adoptarse en la ciudad a corto, mediano y largo plazo en los subsectores indicados a partir de los resultados (tabla No.30).

Reducción de desechos en la fuente

Reciclado

Compostaje

Incineración

Recuperación de metano

Instalaciones de eliminación de desechos sólidos

Plantas de tratamiento de aguas

Programas reglamentarios

Establecimiento de normas o reglamentos para la eliminación de desechos, el tratamiento de aguas residuales y/o la recuperación de CH₄.

Programas voluntarios

Programas de cooperación con la industria, el gobierno y los operadores de instalaciones para estimular la aplicación de opciones técnicas.

Campañas de sensibilización relacionada con el reciclaje en viviendas, comercio e industria



BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. (2010). *Arbolado Urbano de Bogotá, Identificación, descripción y bases para su manejo.* Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente . (2007). Atlas Ambiental de Bogotá .

Centro Mario Molina. (2007). Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California. México D.F.

Chaparro, R. (2009). Inventario de emisiones GEI, módulo de Energía 2008 OPS 898.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA - INAMCO. (2000 - 2001). Inventario de emisiones por fuentes fijas en Bogotá. Bogotá.

Fertiberia. (s.f.). <http://www.fertiberia.e>. Obtenido de Código de buenas prácticas agrarias de la Urea de EFMA: <http://www.fertiberia.es/templates/template2det.aspx?M=280&F=132&L=133&C=805>

García, R. (2008). Inventario de emisiones y captura de GEI - módulo ASUS - OPS. Bogotá.

Gómez, D. R. (2008). Una aproximación al Inventario de emisiones para el área metropolitana de Buenos Aires. Buenos Aires.

Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). (1996). Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático.

Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). (2000). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). (2001). Mitigación.

IDEAM. (2010). Inventario de Gases de Efecto de Invernadero de Colombia 2000 y 2004. Bogotá .

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

Ministerio de Minas y Energía. (2009). Experiencias en el desarrollo del Programa Nacional de Biocombustibles. Bogotá.

Ministerio de Minas y Energía Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2007). Balances Energéticos 1975 - 2006. Bogotá.

Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático . Nueva York.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (s.f.). Mitigación del cambio climático y adaptación en la agricultura, la silvicultura y la pesca.

Pulido, A. D. (2008). Inventario de emisiones GEI - Modulos Energía y Procesos industriales, Informe OPS. Bogotá.

Rodriguez Vargas, M. (2010). Lineamientos desarrollo de Inventario de Gases Efecto de Invernadero, metodología IPCC 2006 OPS 1377. Bogotá.

Rodriguez Vargas, M. (2011). Línea base Bogotá, Inventario de emisiones GEI versión final 2008 con complemento 2011. Bogotá.

Rodriguez, M. (2012). Lineamientos verificación Inventario de emisiones gases de efectos de invernadero para Bogotá D.C. OPS 1601.

SCS Engineers. (2007). Informe de evaluación Relleno Sanitario Doña Juana. Bogotá.

Secretaría de Movilidad . (2008). Registro Distrital Automotor. Bogotá.

Secretaría del Medio Ambiente. (2008). Inventario de Emisiones de Gases de Invernadero, zona metropolitana del Valle de México 2006. Ciudad de México.

Secretaría Distrital de Ambiente OAB. (20 de Noviembre de 2012). <http://oab.ambientebogota.gov.co>. Obtenido de Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana Per Cápita - DRSPC: <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?s=l&id=184&v=1>

Secretaría Distrital de Ambiente, Grupo Fuentes Fijas. (2008). Base de datos de seguimiento y control a fuentes fijas . Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente, Universidad de los Andes. (2007). Elementos Técnicos del Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá Partes 2, Inventario de emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles. Bogotá.

SUI Sistema único de información de servicios públicos. (2008). Estadísticas reportadas de suscriptores y consumo de gas natural.

Tinoco, L. A. (2011). Complemento Inventario emisiones GEI 2008, escenario de emisiones, medidas y estrategias de mitigación sector Procesos industriales y Energía OPS 807. Bogotá.

UAESP Unidad Administrativa Especial de Servicio Públicos. (2010). Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá. Bogotá.



GEI