



**13**

---

## Emisiones al ambiente en Colombia

---

**Autores:**

Luis Rodrigo Chaparro<sup>1</sup> (estructura y evaluación de emisiones)

María Patricia Cuervo (residuos sólidos)

Jeremías Gómez (residuos líquidos)

Max Alberto Toro (residuos sólidos)

**Con la colaboración de:**

Jairo Sánchez, David Yanine, Daniel Pabón, Martha García, Alicia Estévez de Sistiva, César Barbosa, María Cecilia Cardona, Javier Castañeda, Juan Carlos Alarcón, Nancy Sánchez, Carlos Páez, Lorenzo Panizzo, Nelsy Verdugo.

---

<sup>1</sup> Profesor asistente, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

## NOTA ACLARATORIA

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

**L**as emisiones son todos aquellos materiales, sustancias o formas de energía que se descargan al ambiente como resultado de una actividad, bien sea de origen natural o antrópico. En términos generales, toda actividad produce emisiones; algunos ejemplos son las erupciones volcánicas, los incendios forestales, los procesos industriales, la descomposición de la materia orgánica, el transporte y las actividades domésticas.

Cada proceso genera un tipo particular de emisión, y su grado de incidencia sobre el medio ambiente depende de las características físicas, químicas o biológicas de la descarga: algunas afectarán más al agua; otros, a la atmósfera y a la biosfera.

Los materiales descargados pueden ser de tipo sólido, líquido o gaseoso y ser depositados en aire, en los suelos o en los cuerpos de agua. En el ambiente estas sustancias se degradan por acción biológica, se transforman en otras sustancias por reacciones químicas en la

atmósfera o son transportadas a otros sitios por acción del viento, por el agua a través del ciclo hidrológico o por los seres vivos a largo de las cadenas alimenticias (figura 13.1).

En los ecosistemas naturales, los organismos viven en equilibrio con el ambiente y sus descargas son asimiladas por el medio a través de los ciclos naturales de materia y energía. En el proceso evolutivo el ser humano desarrolló la capacidad de tomar grandes cantidades de recursos de la naturaleza, transportarlos a largas distancias y transformarlos en otros productos. Esta habilidad permitió el desarrollo de la humanidad bajo condiciones adversas; sin embargo, también ha generado desequilibrios en el medio ambiente pues, si bien la naturaleza tiene procesos de autopurificación, muchas de las descargas de origen antrópico se producen a un ritmo tan acelerado que no alcanzan a ser procesadas por los ciclos naturales.

La mayor parte de las actividades realizadas por el hombre generan emisiones: en promedio, una persona en sus labores cotidianas produce en Colombia 0,5 kg de residuos sólidos por día, que deben ser recolectados y dispuestos adecuadamente para que no se conviertan en focos de contaminación. La misma persona utiliza diariamente 0,15 m<sup>3</sup> de agua pura y los regresa al ambiente con una carga de materia orgánica de 0,05 kg aproxima-

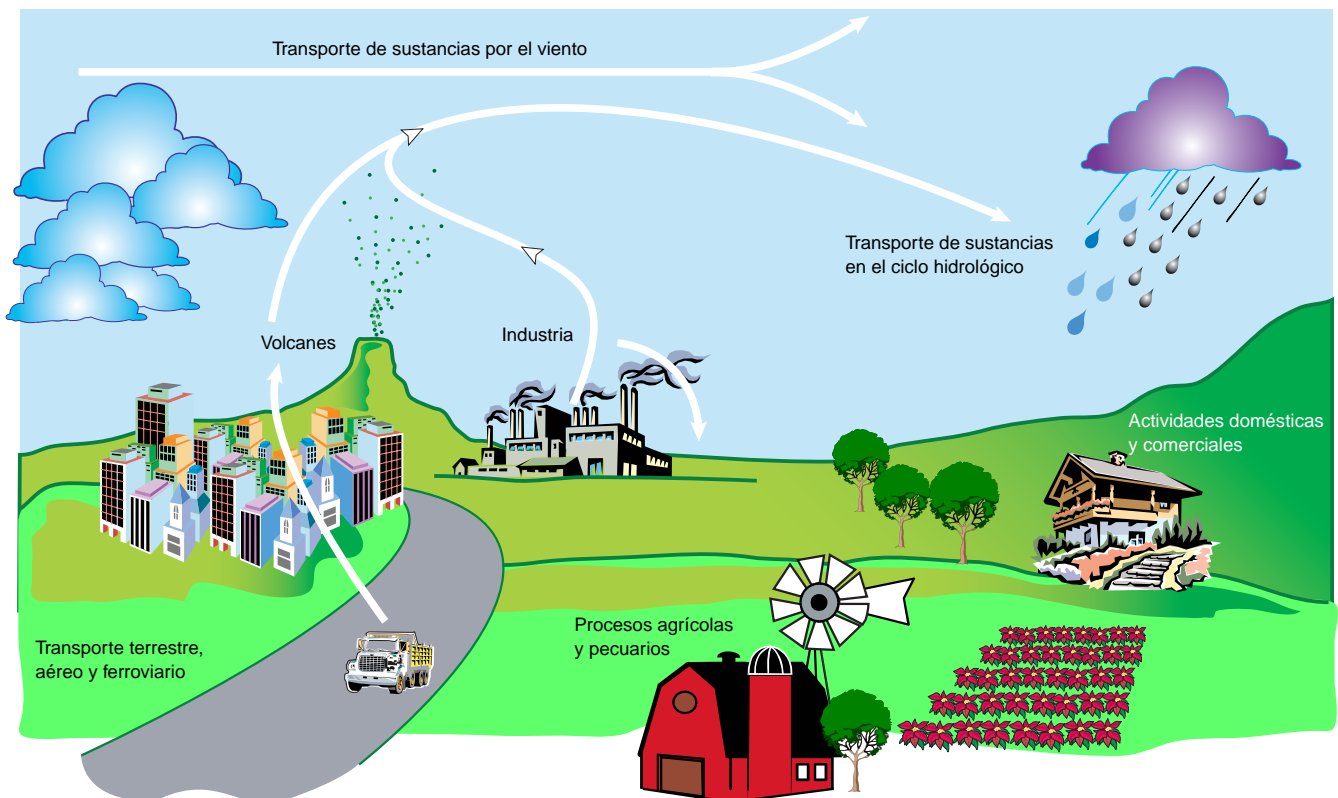


Figura 13.1. Algunas actividades generadoras de emisiones al medio.

dos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por persona por día (la DBO es un indicador del contenido de materia orgánica biodegradable del agua. A mayor DBO, mayor contenido de materia orgánica biodegradable). Si las aguas residuales no se recolectan y disponen adecuadamente, esta carga orgánica termina en los ríos.

Si esta misma persona recorre diariamente 50 km en un vehículo de 10 años de uso, que opera con gasolina, le aportará a la atmósfera unos 100 g de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), 10 g de metano ( $\text{CH}_4$ ), 300 g de compuestos volátiles, 2 kg de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y 20 kg de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Algo similar ocurre con la industria, la agricultura, el comercio, la producción pecuaria, la extracción de minerales y demás actividades productivas del hombre. En cada actividad una serie de insumos se transforman en bienes o servicios que, luego de cumplir con el fin para el que fueron hechos, se disponen en el ambiente o se reutilizan en otros procesos productivos. Normalmente los procesos se realizan por etapas y tienen algún grado de ineficiencia; esto trae como consecuencia que, a lo largo de las diferentes etapas del proceso productivo, también se emitan descargas al ambiente (figura 13.2).

En este capítulo se da un panorama de las descargas que generan las diferentes actividades socioeconómicas en Colombia. Se analizan las emisiones a la atmósfera y las descargas al agua.

En general, los estimativos se realizaron por grandes grupos de actividades, aplicándole a cada una un índice promedio de emisión reportado en la literatura y aceptado internacionalmente (Economopoulos, 1993; UNEP, 1995); en donde se localizó información experimental, los índices se modificaron para adecuarlos al caso colombiano.

Bajo esta premisa las cifras que aquí se presentan no corresponden a valores absolutos, ni son un informe oficial de emisiones del país; las estimaciones son el producto de métodos indirectos de cálculo, que deben ser interpretadas como indicadoras de las cantidades realmente emitidas y se presentan con el fin de ilustrar el orden de magnitud en que pueden estar las descargas al ambiente y las principales actividades que las producen.

## Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera pueden ser de varios tipos: gases, partículas, ruido, olores o corrientes a alta temperatura. Los gases y partículas se pueden consolidar según la actividad debido a que se valoran en unidades de masa; no ocurre lo mismo con los otros tres parámetros, ya que el total del sector no se puede aproximar como la suma de las fuentes puntuales. Aquí se incluyen únicamente los estimativos sectoriales de gases y partículas.

Los gases se producen principalmente por combustión de materiales como el carbón, los derivados del petróleo, el gas natural, la leña y los residuos vegetales; por la volatilización de sustancias de bajo punto de ebullición, como las gasolinas y los solventes industriales; por la degradación de material orgánico y por reacciones químicas en procesos de transformación en la industria.

Las partículas se emiten fundamentalmente durante los procesos de combustión y de transformación química y como resultado de la trituración y molienda de materiales sólidos. El ruido y los olores tienen múltiples orígenes, en tanto que las descargas a alta temperatura están ligadas por lo general a procesos de combustión.

Las emisiones a la atmósfera pueden considerarse en dos niveles de importancia, según el efecto que generen

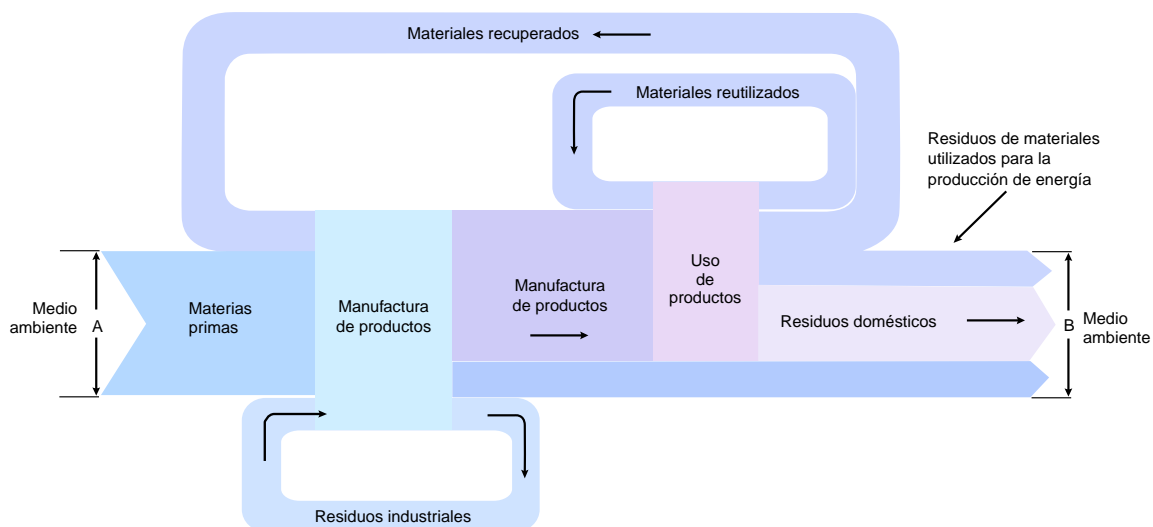


Figura 13.2. El flujo de los materiales en la sociedad.

Efecto	Nivel	Principales sustancias que lo generan					
Lluvia ácida	Regional-global	NO	SO <sub>x</sub>				
Deterioro de la capa de ozono	Global	CFC	HCFC				
Calentamiento global	Global	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CF <sub>6</sub>	
Alteraciones de la salud	Local	Partículas	CO	Hidrocarburos	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Pb

**Tabla 13.1.** Nivel de incidencia de las principales sustancias emitidas a la atmósfera.

sobre el medio ambiente: un nivel local o regional y otro global o mundial. En el local, están las sustancias que afectan la salud de las personas, como el monóxido de carbono y el material particulado, y a nivel mundial, las sustancias que producen alteraciones del ambiente global, tales como el CO<sub>2</sub>, que incrementa el efecto invernadero y el calentamiento global, y los clorofluorocarbonos, que coadyuvan al deterioro de la capa de ozono (capítulo 2 de este libro) (tabla 13.1).

## Emisión de gases de efecto invernadero

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

El uso de combustibles fósiles produce gases de efecto invernadero, pues para obtener la energía que contienen estos materiales y convertirla en vapor, electricidad, o movimiento, es necesario someter el material a combustión; en este proceso los constituyentes del combustible se oxidan, liberando a la atmósfera principalmente CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>. La manipulación de los combustibles también genera gases de efecto invernadero a causa de la volatilización de sustancias de bajo punto de ebullición.

En las actividades industriales se generan emisiones por la transformación física o química de materiales en los procesos productivos. Las industrias más relevantes en la emisión de gases de efecto invernadero son la producción de minerales, la industria química, la manufactura de metales y la producción de alimentos y bebidas, destacándose la producción de cemento, por la emisión de CO<sub>2</sub> durante la transformación de la caliza en óxido de calcio.

Entre las actividades agrícolas y pecuarias que más contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero están la ganadería intensiva, el cultivo de arroz y la quema de sabanas. En la ganadería se produce metano durante el proceso digestivo de los animales y en el manejo del estiércol, al igual que en los cultivos de arroz, cuando

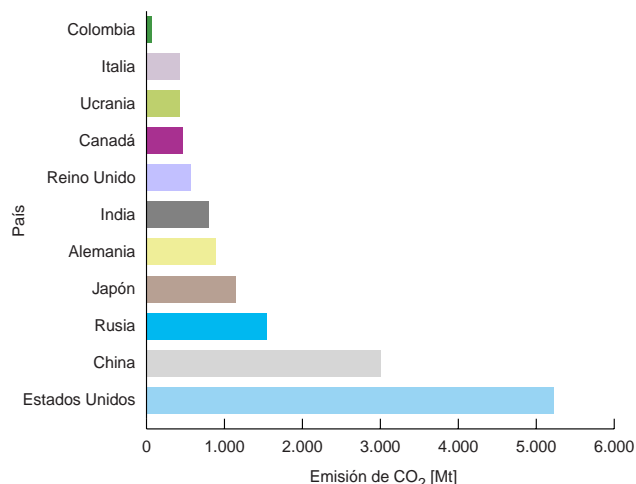
la cosecha se realiza bajo régimen de inundación, por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica presente bajo el agua. En la quema de sabanas y residuos de cosechas se generan los gases de efecto invernadero típicos de la combustión.

La disposición de residuos de origen doméstico o industrial contribuye a la emisión de metano, CO<sub>2</sub> y compuestos orgánicos volátiles, como resultado de la degradación de la materia orgánica.

En el cambio del uso del suelo se puede presentar tanto captura como emisión de gases de efecto invernadero. Si hay sustitución de bosques por cultivos o tierras de pastoreo, se generan emisiones cuando la biomasa que se extrae del bosque se quema o se deja descomponer en el sitio de extracción. Si lo que ocurre es el crecimiento de bosque en terrenos que estaban dedicados a cultivos o pastos, o si realizan programas de reforestación, se presentará captura de CO<sub>2</sub>.

De los gases de efecto invernadero, el que se emite en mayor cantidad a nivel mundial por actividades humanas es el CO<sub>2</sub>. Se estima que más de 80% de la emisión mundial de gases de efecto invernadero está representado por CO<sub>2</sub>, generado en un 75% por la producción y el uso de combustibles.

En 1995, por uso de combustibles se emitieron en el planeta 22.150 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales Colombia aportó menos de 0,3% (gráfico 13.1).



**Gráfico 13.1.** Emisión mundial de dióxido de carbono por uso de combustibles en 1995. (Fuente: IEA, diagramación, IDEAM)

Los países que más contribuyeron fueron: Estados Unidos (24%), China (14%), Rusia (7%), Japón (5%) y Alemania (4%). La emisión de Colombia fue de aproximadamente 65 millones de toneladas (Mt), inferior a la de países latinoamericanos como México (328 Mt), Brasil (287 Mt), Argentina (128 Mt) y Venezuela (113 Mt).

En el numeral siguiente se presenta un estimativo de la emisión y captura de gases de efecto invernadero en Colombia, considerando las cinco actividades mencionadas anteriormente y tomando como base el año 1990, el cual es el referente internacional de la Convención Marco sobre Cambio Climático para controlar la emisión mundial de estos gases. En este ejercicio no se ha incluido la captura de dióxido de carbono por los océanos.

## Emisión de gases efecto invernadero en Colombia en 1990

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

Colombia, como país signatario de la Convención, deberá presentar a la UNFCCC: una Comunicación Nacional que contenga un inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal; una descripción general de las medidas que ha adoptado o prevé adoptar para aplicar la Convención, y cualquier otra información pertinente para el logro del objetivo de la Convención, incluyendo, de ser posible, datos relevantes para el cálculo de las tendencias de las emisiones mundiales.

De conformidad con el acuerdo internacional, el Ideam realizó el inventario para 1990, utilizando las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Se incluyeron las emisiones de los tres principales gases de efecto invernadero directo: (CO<sub>2</sub>, metano y óxido nitroso) y tres con efecto indirecto: (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano). La evaluación se realizó para cinco categorías de fuentes emisoras: energía, procesos industriales, agricultura, cambio en el uso del suelo y disposición de residuos.

La estimación de la emisión y captura de gases de efecto invernadero presenta diferentes niveles de incerti-

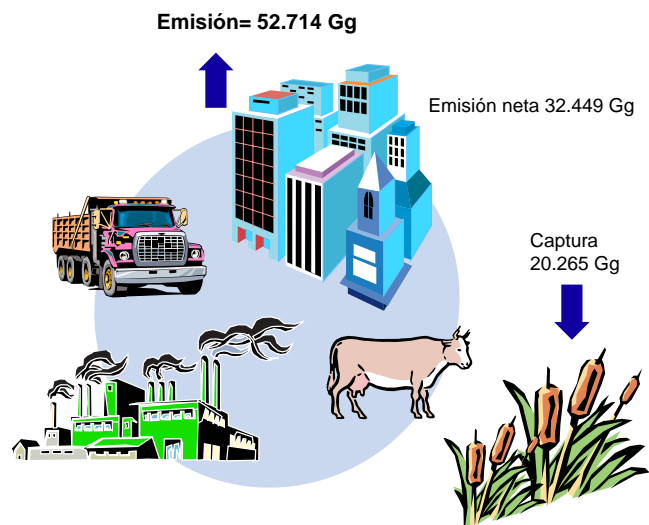
dumbre, según el sector que se esté analizando. En el sector energético es bajo pues se cuenta con un nivel de información relativamente bueno, en cuanto a estadísticas de consumo de combustible y factores de emisión. En el área de cambio de uso del suelo, por el contrario, la incertidumbre de los resultados para un año en particular es muy alta debido a la dificultad de conocer la dinámica de pérdida de bosques por causas antropogénicas y de recuperación de bosques por el abandono de tierras. En el área energética, la incertidumbre puede ser menor de 10%; en el cambio del uso del suelo, cercana a 60%.

Para el estimativo que aquí se presenta se consideró un escenario de pérdida y recuperación anual de cobertura boscosa entre 15.000 y 345.000 ha/año, respectivamente; estos resultados fueron obtenidos por el Ideam mediante la comparación de imágenes de satélite del país a escala 1:500.000, en 1986-1996.

## Consolidado

En 1990 las actividades relacionadas con el uso de combustibles fósiles, los procesos industriales, algunas actividades agrícolas, la explotación de bosques y la disposición de residuos contribuyeron a la emisión de gases de efecto invernadero; sin embargo, el crecimiento de bosque en zonas abandonadas y la reforestación produjeron la captura de CO<sub>2</sub>, lo cual redujo la emisión del país en una tercera parte, en la *figura 13.3*.

La emisión bruta total fue de 59.814 Gg (un gigagramo equivale a 1.000 toneladas, o 10<sup>6</sup>g) de los cuales el CO<sub>2</sub> representó el 88%; el monóxido de carbono, 7,8%; el metano, 3,2%; los compuestos orgánicos volá-



**Figura 13.4.** Comparación entre la emisión y la captura de dióxido de carbono en Colombia durante 1990.

tiles diferentes del metano, 0,6%; los óxidos de nitrógeno, 0,4% y el óxido nítrico, 0,004%.

## Participación por tipo de gas

En cuanto a los gases de efecto invernadero directo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) representan 91% del total emitido, y los gases con efecto indirecto (monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano, óxidos de nitrógeno), el 9% restante (gráfico 13.2).

La recuperación de cobertura boscosa indujo la captura de 20.265 Gg de dióxido de carbono (38% del  $\text{CO}_2$  emitido), lo cual redujo la emisión total a un valor neto de 39.549 Gg de gases de efecto invernadero (figura 13.4).

Al restar la captura de la emisión bruta se obtiene que el aporte de cada gas en la emisión neta fue: 82,1% de  $\text{CO}_2$ , 11,7% de monóxido de carbono, 4,8% de metano y 1,5% la suma de óxido nítrico, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (gráfico 13.2). Para los gases diferentes al  $\text{CO}_2$  la emisión neta es igual a la bruta, ya que para ellos estos gases no se tiene estimativos de captura.

A pesar de la captura, los gases de efecto invernadero directo tienen una alta participación, pues son 87% de la emisión total neta; el restante 13% se debe a gases que producen efecto de calentamiento indirecto.

## Emisiones por tipo de gas

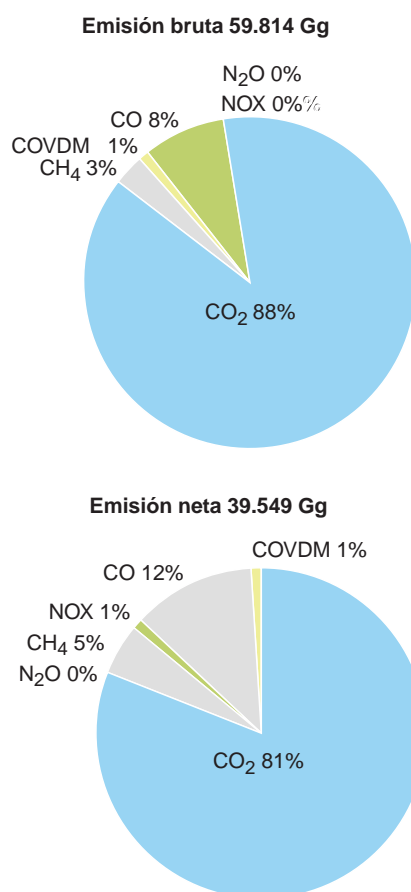
El gas que se emitió en mayor cantidad durante 1990 fue el  $\text{CO}_2$ , con 52.714 Gg, y se originó principalmente en el uso de combustibles con fines energéticos (86%), las actividades relacionadas con la pérdida de la cobertura boscosa (8%) y los procesos industriales (6%) (gráfico 13.3).

La emisión de metano fue 1893 Gg y se originó principalmente en la actividad agropecuaria (79%), debido a la fermentación entérica y al manejo de estiércol, y, en menor proporción, por el uso de combustibles (14%) y la disposición de residuos (7%).

La emisión de óxido nítrico fue 2,7 Gg, producto de los procesos de combustión de los sectores de energía (56%) y agricultura (44%).

La emisión de monóxido de carbono fue 4.636 Gg, y 52% se originó por el uso de combustibles con fines energéticos, 47% por la quema de biomasa en las actividades agrícolas y 1% en el cambio en el uso del suelo (gráfico 13.4).

La emisión de óxidos de nitrógeno y de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano fue 239 Gg y 329 Gg, respectivamente, y se generó en especial por el uso de combustibles con fines energéticos.



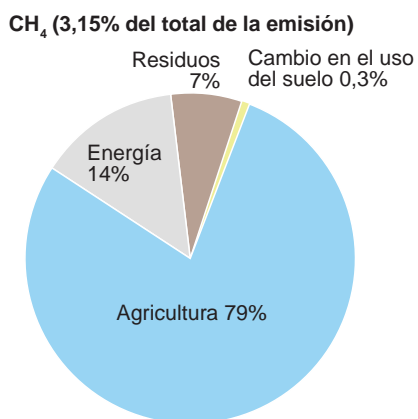
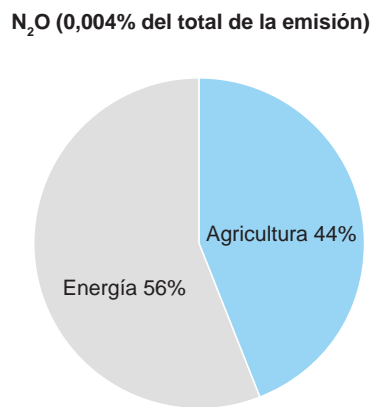
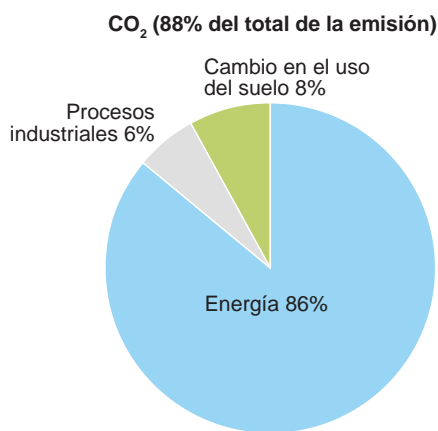
**Gráfico 13.2.** Emisión de gases de efecto invernadero directo en Colombia durante 1990. Contribución por tipo de gas. (Fuente: IDEAM)

## Emisiones sectoriales

El análisis por categorías de fuentes emisoras señala que 81,3% de la emisión total tuvo su origen en el uso de combustibles, 6,9% en el cambio del uso del suelo, 6,2% en las actividades agrícolas, 5,4% en procesos industriales y 0,2% en la disposición de residuos (gráfico 13.5).

Las emisiones del sector de energía fueron 48.623 Gg, de los cuales: el  $\text{CO}_2$  aportó el 93,5%; el monóxido de carbono, 4,9%; los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano, 0,7%; el metano, 0,5%; los óxidos de nitrógeno, 0,4%, y el óxido nítrico, 0,003%.

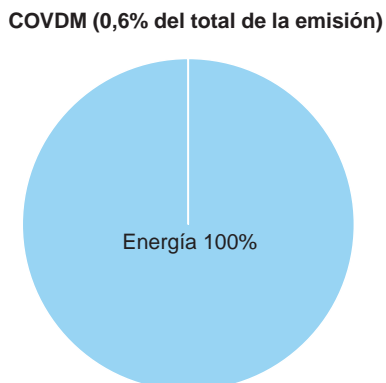
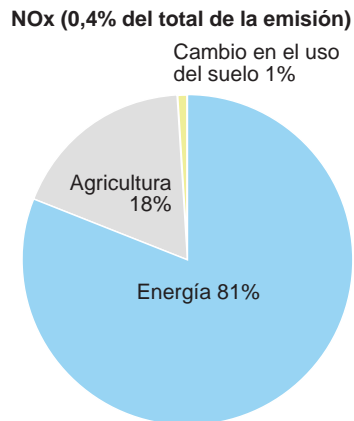
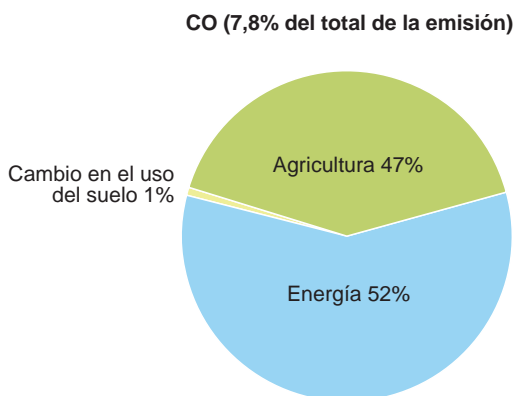
Las emisiones de las actividades agrícolas fueron 3723 Gg, distribuidos de la siguiente forma: monóxido de carbono 58,8%, metano 40%, óxidos de nitrógeno 1,2% y óxido nítrico 0,03%. Por su parte, las actividades relacionadas con el cambio del uso del suelo generaron 4129 Gg de gases de efecto invernadero, principalmente  $\text{CO}_2$  (98,4%); en menor proporción emitieron monóxido de carbono (1,4%), metano (0,2%) y óxidos de nitrógeno (0,04%).



Gas	Emisión (Gg)	GWP (100 años)	
		Cifra	%
CO <sub>2</sub>	52.714	52.714	56
CH <sub>4</sub>	1.893	39.753	43
N <sub>2</sub> O	2,7	837	1

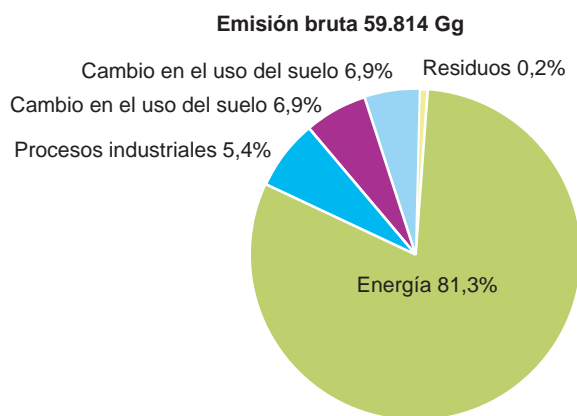
GWP: Potencial de calentamiento global.

**Gráfico 13.3.** Emisión de gases con efecto invernadero directo en Colombia durante 1990. Contribución de los diferentes sectores.



Gas	Emisión (Gg)
CO	4.636
COVDM	329
NO <sub>x</sub>	239

**Gráfico 13.4.** Emisión bruta de gases de efecto invernadero indirecto en Colombia durante 1990.



Sector	Emisión Gg	Participación de cada gas en el respectivo sector (%)					
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	COVDM	NOX
Energía	48.623	93,5	0,5	0,003	4,9	0,7	0,4
Cambio en el uso del suelo	4.129	98,4	0,2		1,4		0,04
Agricultura	3.723		40	0,03	58,8		1,2
Procesos industriales	3.201	100					
Residuos	138		100				

**Gráfico 13.5.** Emisión bruta de gases de efecto invernadero en Colombia, por fuentes emisoras durante 1990.

La industria del cemento produjo una emisión de 3201 Gg de CO<sub>2</sub>, en tanto que la disposición de residuos generó 138 Gg de metano.

## Potencial de calentamiento

En un horizonte de 100 años, una molécula de metano es 21 veces más agresiva para el calentamiento de la atmósfera que una de CO<sub>2</sub>, en tanto que una de óxido nitroso resulta 310 veces más agresiva que una de CO<sub>2</sub>. Para cuantificar esta diferencia y comparar las emisiones en términos relativos, se utiliza el potencial de calentamiento global (GWP), valor indicador del impacto de la acumulación de los diferentes gases emitidos en un horizonte de tiempo determinado (*tabla 13.2*).

Si se introduce el GWP a las emisiones de Colombia de 1990, se observa que, aun cuando las mayores emisiones actuales en términos de cantidades son de CO<sub>2</sub>, en un horizonte de 100 años la contribución de las emisiones actuales de metano son comparables a las del CO<sub>2</sub> (*tabla 13.3*).

## Incertidumbre

En general, el estimativo tiene un buen grado de confiabilidad ya que las emisiones que representan 81% de las emisiones brutas del país (CO<sub>2</sub> por el uso de combustibles fósiles y por procesos industriales) tienen una

Gas	GWP (tiempo horizontal)		
	20 años	100 años	500 años
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	56	21	6,5
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	280	310	170

GWP: Potencial de calentamiento global.

**Tabla 13.2.** Potencial del calentamiento global.

Gas	Emisión bruta (Gg)	GWP	GWP 100 años	Porcentaje (%)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	52.714	1	52.714	56
Metano (CH <sub>4</sub> )	1.893	21	39.753	43
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	2.7	310	837	1

GWP: Potencial de calentamiento global.

**Tabla 13.3.** Emisión de gases de efecto invernadero expresadas en GWP.

incertidumbre menor a 10%; a su vez, las cifras con alta incertidumbre, superior a 30%, sólo son 19% del total.

Entre los resultados con alta incertidumbre están la emisión y captura del CO<sub>2</sub> por el cambio del uso del suelo. Este componente afecta en 7% las emisiones brutas del país y reduce las emisiones en 34%. En consecuencia es necesario profundizar en este componente, pues se trata de un área futura para mejorar a causa de su importancia en el consolidado de emisiones. La *tabla 13.4* resu-



Módulo	Submódulo	Emisiones (Gg)					
		NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Energía	Combustibles fósiles						
	Energía/industrias de transformación	40,6	3,8	1,0	0,2	0,1	13.724,9
	Industria manufacturera	32,3	10,5	1,6	0,9	0,1	10.577,7
	Comercial/institucional	1,1	0,2	0,1	0,1	0,0	788,0
	Residencial	3,9	11,2	1,2	1,9	0,0	3.103,4
	Agricultura/silvicultura/pesca	1,2	0,2	0,1	0,1	0,0	869,1
	Móviles	90,2	1.263,9	212,6	5,5	0,2	14.897,4
	Construcción	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	284,2
	Otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.203,3
	Biomasa						
	Energía/industrias de transformación	1,0	17,0	0,5	2,2	0,0	<i>1.062,9</i>
	Industria manufacturera	3,8	151,0	1,9	1,2	0,2	<i>3.919,0</i>
	Comercial/institucional	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<i>0,0</i>
	Residencial	14,3	722,4	84,7	42,8	0,6	<i>15.122,5</i>
	Agricultura/silvicultura/pesca	4,2	210,3	25,2	12,6	0,2	<i>4.317,0</i>
	Fugitivas				193,8		
	Total energía		193,4	2.390,5	328,8	261,3	1,5
Procesos industriales	Cemento						3.200,8
Agricultura	Fermentación entérica y manejo de estiércol				1.265,6		
	Cultivo de arroz				138,9		
	Quema de sabanas	32,7	1.917,2		73,0	0,9	
	Quema de residuos de cosechas	11,4	272,5		10,4	0,3	
Total agricultura		44,1	2.189,7		1.487,9	1,2	
Cambio en el uso del suelo	Pérdida de cobertura boscosa	1,6	55,9		6,4	0,0	4.065,0
	Recuperación de cobertura boscosa						-20.265,0
Total cambio en el uso del suelo		1,6	55,9		6,4	0,0	-16.200,0
Residuos	Rellenos				131,8		
	Tratamiento de aguas residuales domésticas				2,2		
	Tratamiento de aguas residuales industriales				3,5		
Total residuos				137,6			
Emission neta total		239,1	4.636,1	328,8	1.893,2	2,7	32.448,7

**Tabla No. 3.** Emisión y captura de gases de efecto invernadero en Colombia, durante el año 1990

Nota: las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de biomasa no se incluyen dentro del consolidado (cifras en verde y cursiva)

me las emisiones de los diferentes sectores, según componente y tipo de gas, y el consolidado nacional.

## Emisiones con efecto local

Las sustancias que caen dentro de la categoría de emisiones con efecto local se originan en general por actividades de transformación física o química de materiales en la industria, por el uso de combustibles fósiles para la

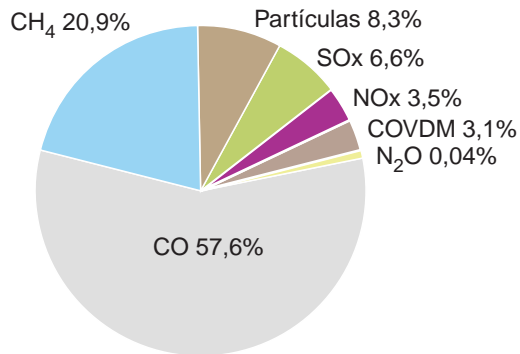
generación de energía, por el transporte terrestre, por las quemas en actividades agrícolas, por procesos de fermentación en actividades pecuarias y por la disposición de residuos sólidos.

La evaluación para estos sectores se realizó considerando las descargas que se emiten en mayor cantidad, a saber: monóxido de carbono, metano, material particulado, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (tabla 13.5).

Sector	Emisión Gg	Participación de cada gas en el respectivo sector (%)					
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	COVDM	NOx
Energía	48.623	93,5	0,5	0,003	4,9	0,7	0,4
Cambio en el uso del suelo	4.129	98,4	0,2		1,4		0,04
Agricultura	3.723		40	0,03	58,8		1,2
Procesos industriales	3.201	100					
Residuos	138		100				

COVDM: compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano.

**Tabla 13.5.** Emisiones de gases con efecto local en 1996 (kt)



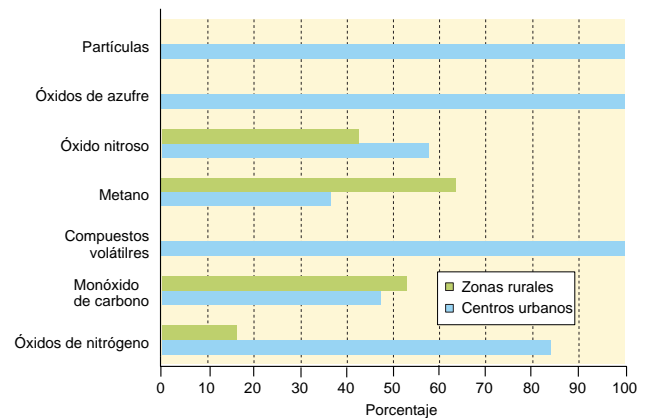
**Gráfico 13.6.** Emisión porcentual de sustancias con efecto local en Colombia, en 1996.

Los resultados señalan que en 1996 la emisión en Colombia de estas sustancias fue del orden de 8.612 kt, de las cuales el monóxido de carbono representó 58%, el metano 21%, las partículas 8%, los óxidos de azufre 7%, los óxidos de nitrógeno 3% y los compuestos orgánicos volátiles 3% (gráfico 13.6).

La actividad industrial en Colombia se concentra en los centros urbanos con mayor número de habitantes del país, principalmente en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Barrancabermeja y Sogamoso, lugares en los que también circula la mayor parte del parque automotor; esto trae como consecuencia que las zonas urbanas más densamente pobladas sean los lugares donde se genera la mayor cantidad de emisiones con potencial de efecto local.

Si se considera que el consumo de combustibles y los procesos industriales tienen lugar totalmente en los centros urbanos, se obtiene que en 1996 se habría emitido aproximadamente 84% de los óxidos de nitrógeno, 47% del monóxido de carbono, 37% del metano, 58% del óxido nítrico y casi 100% de los compuestos orgánicos volátiles, óxidos de azufre y material particulado generado en el país (gráfico 13.7).

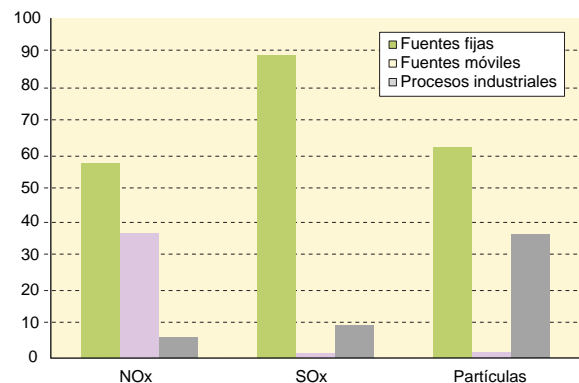
De las anteriores sustancias es importante resaltar la emisión de partículas, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre por su contribución potencial a la lluvia ácida. En los centros urbanos la emisión de partículas fue cer-



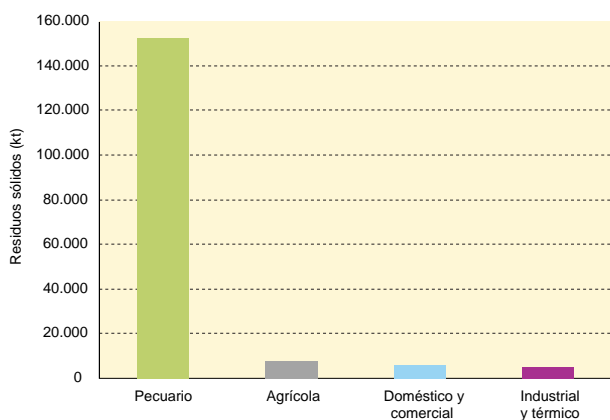
**Gráfico 13.7.** Emisión de sustancias local en Colombia en 1996.

cana a 716 kt, generadas principalmente por combustión en fuentes fijas (62%) y procesos industriales (36%). Los óxidos de nitrógeno fueron del orden de 252 kt y se emitieron principalmente por la combustión en fuentes fijas (57%) y en fuentes móviles (37%); los óxidos de azufre, cuya emisión fue cercana a las 568 kt, fueron producidos en un 89% por las fuentes fijas (gráfico 13.8).

En cuanto a las fuentes móviles es de resaltar su contribución a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (260 kt), monóxido de carbono (1155 kt) y óxidos de nitrógeno (92 kt), equivalentes a 98% 23% y 31%, respectivamente, de la emisión total estimada de cada uno de estos gases.



**Gráfico 13.8.** Emisión de partículas y precursores de lluvia ácida en los centros urbanos.



**Gráfico 13.9.** Emisiones de residuos sólidos a los cuerpos de agua en Colombia durante 1996.

## Emisiones a los cuerpos de agua

Diariamente las actividades socioeconómicas descargan en los cuerpos de agua, sustancias de naturaleza múltiple y de características diversas: residuos sólidos, material orgánico, compuestos químicos, metales y material vegetal, entre otros. Esto ha originado a través de los años una afectación de los sistemas hidrobiológicos y una alteración de la calidad del agua, que se ha reflejado en una restricción paulatina de los usos como recreación, piscicultura, irrigación y consumo.

La degradación del recurso acuático se origina principalmente por vertimientos de residuos de las actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias. Debido a esta multiplicidad de orígenes y cargas, el ser humano ha desarrollado diferentes parámetros físicoquímicos que le permiten cuantificar las impurezas que acompañan un efluente. Entre los más utilizados están la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST). La primera es un indicador del contenido de material biodegradable, asociado con la reducción del oxígeno disuelto del agua y con el potencial aumento de microorganismos patógenos. El segundo indica los sólidos suspendidos que acompañan al vertimiento.

Para la evaluación en Colombia de las descargas potenciales al agua se definieron tres categorías, a las cuales se les hizo un estimativo de los aportes de DBO: sector doméstico, sector industrial y sector agrícola. Los sólidos suspendidos totales se evaluaron solamente para el sector doméstico e industrial.

Los resultados señalan que en 1996 estos sectores aportaron a los cuerpos de agua 690 kt de DBO y 1500 kt de sólidos suspendidos, destacándose el sector doméstico con 527 kt de DBO y 1.400 kt de SST (*gráfico 13.9*). La forma en que están distribuidas estas descargas en el nivel municipal en el país, se ilustran en el *mapa 13.1*.

## Sector doméstico

En el sector doméstico se consideran los vertimientos de aguas residuales domésticas generadas en la preparación de alimentos, lavado de ropas, aseo personal, establecimientos comerciales, hospitales, hoteles y restaurantes. Las aguas residuales producidas por estas actividades se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica, pues incluyen sustancias como azúcares, grasas y aceites, proteínas, aminoácidos, materia fecal, detergentes y jabones.

Los estándares internacionales señalan que en las actividades domésticas se consumen diariamente entre 0,08 y 0,3 m<sup>3</sup> de agua por persona y, además, que cada habitante aporta una carga diaria que varía entre 40 y 55 g de DBO y entre 70 y 145 g de sólidos suspendidos. Con base en estas cifras y la población de Colombia en 1996, se determinó que en este año se generaron 527 kt de DBO y 1.409 kt de sólidos suspendidos.

Es de anotar, sin embargo, que las cargas producidas por la población que no cuenta con servicio de alcantarillado no van a parar necesariamente a los cuerpos de agua. En muchos casos la materia orgánica es depositada en los suelos y pozos sépticos, donde sufre procesos de biodegradación natural, generando una DBO que no va a ser parte de las corrientes superficiales de los cuerpos de agua y las aguas subterráneas.

## Sector agrícola

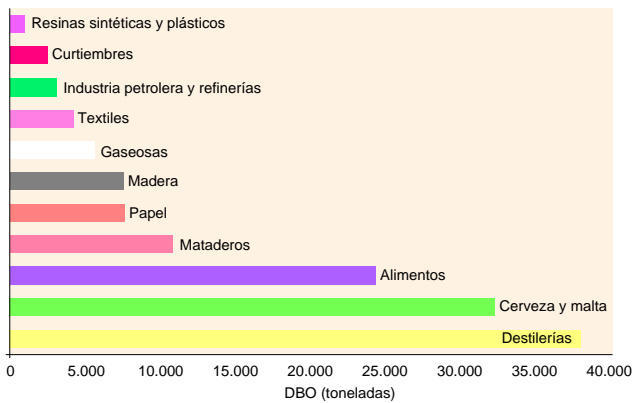
Las actividades agrícolas que producen descargas apreciables de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) son aquellas que involucran etapas adicionales a la cosecha y en las cuales se usa agua para procesar el producto, como ocurre durante el beneficio del café. En esta evaluación únicamente se incluyó este producto, encontrándose que en 1996 la producción cafetera aportó a los cuerpos de agua 23 kt de DBO.

Las actividades pecuarias también generan material orgánico, con la particularidad de que la descarga no ocurre en un sitio único sino en un amplio territorio; esto trae como consecuencia que una parte de la materia orgánica se incorpora al suelo, haciendo muy difícil saber qué fracción de la DBO generada en esta actividad va a las corrientes acuáticas.

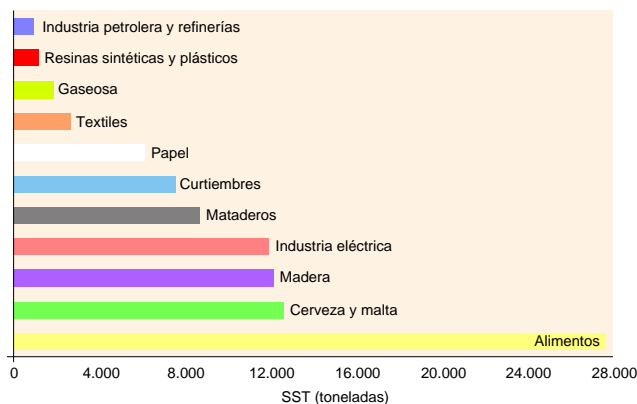
De acuerdo con un estimativo realizado considerando ganado vacuno, pollos y cerdos, si todos los vertimientos de estas actividades terminaran en los cuerpos de agua, el aporte de DBO sería del orden de 3.600 kt anuales.

# mapa 13.1

**Mapa 13.1.** Descarga de DBO por municipios. (Fuente, Ideam)



**Gráfico 13.10.** Actividades industriales que generaron la mayor carga de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en Colombia durante 1996.



**Gráfico 13.11.** Actividades industriales que generaron el mayor aporte de sólidos suspendidos totales (SST) en Colombia durante 1996.

## Sector industrial

Los valores de DBO y de sólidos suspendidos en el sector industrial son indicadores del contenido de residuos que acompañan a los efluentes líquidos generados durante las transformaciones físicas o químicas necesarias para convertir las materias primas en los productos de interés.

Para la evaluación en esta categoría se incluyeron aquellas actividades industriales que se considera que aportan las mayores cargas de DBO y de sólidos suspendidos en los cuerpos de agua: las industrias de hierro y acero, de leche pasteurizada, resinas sintéticas y plásticos, curtiembres, petróleo y refinarias, textiles, destilerías a partir de caña de azúcar, gaseosas, madera, papel, mataderos, cerveza y malta y alimentos sin producción de carnes.

Los estimativos señalan que en 1996 las actividades industriales que generaron la mayor carga de DBO dentro del grupo de análisis fueron la producción de alcohol a partir de caña de azúcar (38 kt), la producción de cerveza y malta (32 kt) y de alimentos (24 kt), los mataderos (11 kt) y la industria del papel (8 kt) (*gráfico 13.10*).

En cuanto a sólidos suspendidos, los mayores aportes de los sectores analizados fueron en la industria de alimentos, (27 kt), de cerveza y malta (13 kt), madera (12 kt) y eléctrica (12 kt) (*gráfico 13.11*). En la evaluación de sólidos suspendidos no se incluyeron las destilerías.

## Otros tipos de descargas

Los atentados a los oleoductos son otro factor que aporta cargas contaminantes a los cuerpos de agua. Si bien no se estimó el aporte de DBO por esta actividad, vale la pena mencionar que en 1996 por este concepto se produjo en el oleoducto Caño Limón-Coveñas el derrame de 160.000 barriles de crudo, y para el periodo 1986-1996 la cifra ascendió a un millón setecientos mil barriles.

En el contexto mundial, las emisiones de dióxido de carbono en Colombia por uso de combustibles fósiles representan menos de 0,3% del total emitido en el planeta por este concepto. Adicionalmente, la dinámica del cambio del uso del suelo de los últimos años presenta al país como un receptor de dióxido de carbono.

Entre las sustancias emitidas a la atmósfera en Colombia, las más relevantes son las de potencial efecto local debido a que las fuentes emisoras se concentran en los centros urbanos con mayor densidad de población. Las emisiones de esta categoría son principalmente material particulado, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, y los principales agentes generadores son los procesos de combustión, tanto en fuentes fijas como en móviles.

En términos de DBO y sólidos suspendidos, los sectores de producción de alimentos y bebidas alcohólicas se perfilan como los mayores aportantes de cargas a los cuerpos de agua.

La composición, la generación, la recolección y la disposición de residuos sólidos son aspectos que involucran a todas las actividades socioeconómicas; además, por su volumen y características generan contaminación y otros problemas ambientales.

---

## Referencias bibliográficas



Economopoulos, A, 1993. *Assessment of sources of air, water, and land pollution: a guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies. Part one.* World Health Organization.

Ideam, 1998. “Inventario nacional de gases de efecto invernadero, 1990. Informe preliminar”

International Energy Agency (IEA), 1997. *Discussion Paper for the Assessment of Inventory Data Quality*

Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. *Anuarios estadísticos del sector agropecuario*

OPS/OMS/Ministerio de Salud, 1993. “Salud y medio ambiente en Colombia”. Resumen ejecutivo

OPS/OMS, 1996. *Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia.* Serie Análisis sectoriales N° 8, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud

Sánchez y Uribe, 1994. *Contaminación industrial en Colombia.* DNP–PNUD. Tercer Mundo Editores: Bogotá

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 1997. “Supercifras en metros cúbicos”, *Revista* N° 1

Tchobanoglous, Tleisen y Vigil, 1994. *Gestión integral de residuos sólidos.* 1ª ed. McGraw-Hill

Tyler Myller, 1994. *Ecología y medio ambiente.* Grupo Editorial Iberoamérica SA

Universidad Industrial de Santander-Ideam, 1998. *Perfiles tecnológicos ambientales para 87 actividades industriales*

UNEP/WMO/OECD, 1995. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

Vesilind y Rimer, 1981. *Unit Operations in Resource Recovery Engineering.* Prentice Hall