

---

## Atmósfera y ozono

---

La vida en la tierra está confinada a una delgada capa que envuelve la superficie: la biosfera. Esta capa es el resultado de la interacción de suelo, la flora, la fauna, el agua y finalmente, el aire.

Sin embargo, el ser humano mediante diferentes actividades ha provocado la perforación del escudo protector, cuyas consecuencias son graves. Sin la capa del ozono, las pequeñas fracciones de la energía radiante que produce el sol, llamada luz ultravioleta, pueden dañar las moléculas biológicas. Por fortuna, el ozono filtra casi toda la radiación UV pero desafortunadamente, el grosor cada vez disminuye más.

Por otro lado, la actividad humana también está acentuando el calentamiento global. Desde la revolución industrial, la humanidad interfiere con el proceso natural, liberando dióxido de carbono y otros gases con efecto invernadero a la atmósfera, a una velocidad mayor de la que estos pueden ser absorbidos en forma natural por los sumideros. En tercer lugar, las emisiones aéreas contaminantes tienen también un impacto local, particularmente notable en el ámbito urbano, con graves consecuencias sanitarias.

En esta sección se presenta primeramente un análisis de la contaminación aérea urbana, y el papel de la flota vehicular. De segundo, se describe el estado de las emisiones de gases con impacto en el calentamiento global así como sus fuentes. Se analizan las emisiones del sector residencial, comercial, industrial y agrícola.

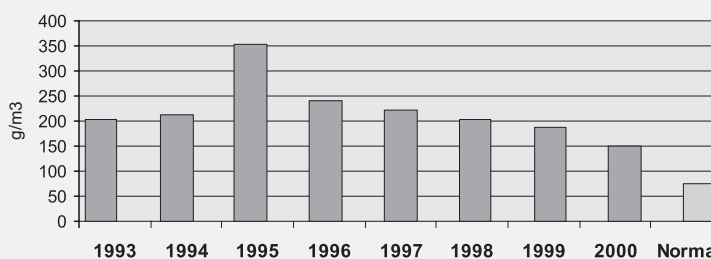
### Contaminación aérea urbana

Para el Gran Área Metropolitana y específicamente para algunos puntos del centro de San José, se ha medido el monóxido de carbono, principal precursor del efecto invernadero. Así, la Organización Mundial de la Salud recomienda un máximo de 100 miligramos por metro cúbico en el aire para períodos no superiores a 15 minutos; 60 miligramos por metro

cúbico en el aire para 30 minutos, 30 miligramos por metro cúbico en el aire para una hora, y 10 miligramos por metro cúbico en el aire para períodos de 8 horas. En puntos de medición como en el Teatro Nacional y el Hospital San Juan de Dios se registraron promedios anuales de monóxido de carbono superiores a la norma, aunque desde 1997, con tendencia a la baja (Contraloría General de la República, 2001).

En lo que respecta al total de partículas en suspensión, a pesar de que la concentración del total de ese contaminante empezó a disminuir desde 1995 en la ciudad de San José, la concentración anual continúa superando la norma recomendada por la Organización Mundial para la Salud.

*Concentración anual de partículas en San José*



Fuente: Alfaro, 1999

Por su parte, el dióxido de nitrógeno, cuya principal fuente de emisión son los procesos de combustión tanto de fuentes móviles como estacionarias, está considerado como uno de los principales precursores de la precipitación ácida en las zonas urbanas e industriales. Sin embargo, las mediciones realizadas durante los últimos años reflejan que este contaminante aún se encuentra por debajo de la norma de la Organización Mundial de la Salud.

En lo que respecta al plomo, uno de los tóxicos que más efectos adversos tiene sobre la salud y de mayor prevalencia, particularmente en los niños, las mediciones efectuadas han mostrado una reducción drástica de 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1993 a 0,012  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1998. Esto

último se debe a la salida del mercado de la gasolina con plomo desde 1996 (Contraloría de la República, 2001).

Lo importante de los niveles registrados de concentración de los contaminantes, es que si bien algunos aún no han alcanzado niveles críticos, se debe tener en cuenta que para la salud humana, cualquier sustancia que se incorpore al organismo de manera permanente, tarde o temprano, llega a tener un impacto sobre el ser humano, en especial en los niños y los ancianos.

### ***La flota vehicular: el mayor emisor de contaminantes***

El sector transporte comprende las emisiones de vehículos utilizados en vías terrestres y marítimas. El transporte utiliza grandes cantidades de diesel y gasolina que deben ser importados, ya sea como petróleo crudo o en su estado final para uso. Por su parte, el sector industrial utiliza diesel y búnker en sus procesos de generación de calor y fuerza motriz principalmente, lo que incide en la emisión de gases.

Los factores de emisión se tomaron para vehículos sin un sistema controlador de emisiones, pues de acuerdo a los resultados del estudio sobre el recorrido medio anual y tenencia de catalizadores, en el país, la mayoría de vehículos no tienen instalado el catalizador, o bien, si en un momento dado lo tuvieron, éste se encuentra en mal estado o fue eliminado del vehículo (IMN, 2000).

En el año 1996, el total de vehículos en circulación en Costa Rica fue de 482 985, de los cuales 371 620, son vehículos de gasolina. No obstante, por sus características, el consumo de diesel y gasolina en transporte fue muy parecido, produciéndose emisiones de dióxido de carbono similares para ambos combustibles. La emisión total de este gas fue de 2 623 gigagramos, de los cuales, el 51,4 por ciento fue emitido por el consumo de gasolina y un 48,6 por ciento fue por el consumo de diesel, siendo un 2,6 por ciento emitido en transporte marítimo.

Por otra parte, otro factor que debe ser considerado en relación con el efecto acumulativo de la concentración de los contaminantes, es que a mayor cantidad de vehículos, mayor es el consumo de combustible. Aunque los vehículos reciban un adecuado mantenimiento y posean las últimas innovaciones tecnológicas, un mayor número de vehículos en circulación produce, necesariamente, mayor consumo de combustibles y una mayor concentración de contaminantes.

Entre 1987 y 1998, se presentó un crecimiento acelerado de la población vehicular del país. A partir del año 1989, el crecimiento de la flotilla vehicular ha sido casi lineal y ascendente, a tal grado que entre 1987 y 1998 el parque automotor se duplicó. Generalmente, una de las causas de este incremento significativo en el número de vehículos, es la ausencia en el país de un eficiente sistema de transporte público, que incentive la disminución en el uso de vehículos particulares, así como algunas políticas económicas que afectan la degradación del aire (Contraloría General de la República, 2001).



Si comparamos la evolución de la cantidad de vehículos en el país con el consumo de combustibles, tenemos que entre los años 1985 y 1998, su consumo aumentó 3,2 veces, o sea, en mayor proporción al crecimiento del parque automotor (Contraloría General de la República, 2001).

El deterioro en la calidad del aire por el aumento en las emisiones de contaminantes del sector transporte, se origina en un comportamiento social compatible con las políticas públicas vigentes en esta ma-

teria: el aumento en la demanda por viajes en automóviles particulares. Los incentivos presentes en estas políticas son compatibles con un mayor uso del automóvil, lo cual aunado a otros problemas presentes en el sector transporte, como la calidad de la infraestructura vial y modalidades alternativas de transporte poco atractivas, así como a problemas en otros sectores como la deficiente planificación urbana, el crecimiento en extensión de las ciudades y la lenta adopción de nuevas tecnologías, dan como resultado el aumento de contaminantes en el aire por emisiones vehiculares.

El crecimiento en el total de emisiones depende de lo que pase también con la calidad del combustible, el tipo de motor y edad de la flota, la congestión vehicular y el transporte público. Las repercusiones de la calidad del combustible son notables en la salud humana, cuyos dos problemas serios son las emisiones de plomo y dióxido de azufre. La hipertensión, la pérdida de potencial intelectual, la muerte prematura y los problemas respiratorios son efectos que se asocian al plomo y al azufre.

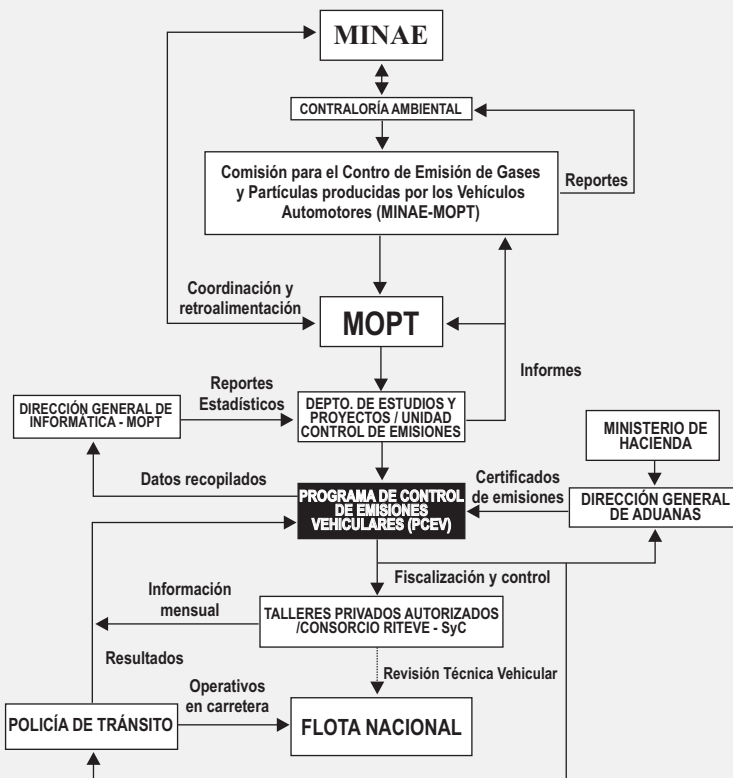
Una proporción importante de la importación de vehículos de modelo reciente es de origen coreano, cuyas emisiones se han catalogado como críticas. En este caso, la asociación entre modelos más recientes y mejor tecnología se debilita. De igual manera, la congestión vehicular se relaciona con el deterioro en la calidad del aire ya que los vehículos contaminan más a bajas velocidades y mayores arranques. La congestión hace que aumenten las emisiones vía un incremento en el consumo de litros de combustible por kilómetro-pasajero. Agréguese a este respecto el déficit de infraestructura vial que sufre Costa Rica. A menores velocidades de tránsito, mayores emisiones contaminantes y un aumento en el tiempo y costo de viaje. Por otro lado, el transporte público masivo reduce las emisiones totales al reducir los litros de combustible por pasajero-kilómetro (Contraloría General de la República, 2001).

## Emisiones

Se depende de muchas maneras de los combustibles a base de carbono; se conducen automóviles y otros vehículos impulsados por motores de gasolina o diesel; se utiliza la electricidad producida por centrales que consumen derivados del petróleo durante alguna parte del año; se quema madera, carbón vegetal, gas natural y carbón mineral para cocinar, para las prácticas agrícolas y las industriales. La utilización de combustibles fósiles no solo aumenta la concentración de dióxido de carbono, sino que también es la principal fuente de otros contaminantes del aire (IMN, 2000).

Aunado a este consumo desmedido de combustibles fósiles, la deforestación de tierras para la agricultura y otros fines, ha ejercido importantes efectos. En primer lugar, reduciendo la cantidad de carbono absorbido por los bosques y contribuyendo al aumento del dióxido de carbono atmosférico. Además, aumenta también las emisiones de metano procedentes del sue-

### Componentes e interrelaciones en el sistema de control de emisiones



Fuente: Contraloría General de la República (2001)

## *Contaminación del aire originada en el transporte y efectos sobre la salud*

Característica	Contaminante	Fuente	Impacto en la salud
Calidad del combustible	CO	CO: emisiones.	CO: disminución del oxígeno en la sangre.
	HC	HC: emisiones.	HC: precursor del ozono (ozono: enfermedades respiratorias, asma, irritación de ojos, restricción de actividades).
	Pb	Pb: Plomo en gasolina.	Pb: Hipertensión, pérdida de potencial intelectual, muerte prematura.
	SOx	SOx: azufre en gasolina, diesel.	SOx: Enfermedades respiratorias, muerte prematura.
	PM	PM: del azufre en gas/dies.	PM: Enfermedades respiratorias, asma, bronquitis crónica, muerte prematura.
	VOC	VOC: emisiones evaporadas.	VOC: algunos son cancerígenos, también son precursores fotoquímicos del smog.
Congestión	CO	CO aceleración frecuente, bajas velocidades.	CO: Reducción del oxígeno en la sangre.
	HC	HC: aceleración frecuente, bajas velocidades.	HC: precursor del ozono (enfermedades respiratorias, asma, irritación de ojos, restricción de actividad).
	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> : aceleración frecuente, bajas velocidades.	CO <sub>2</sub> : gases invernadero.
	PM	PM: Bajas velocidades	PM: enfermedades respiratorias, asma, bronquitis crónica, muerte prematura.
Año de la flota	CO	CO: autos viejos y de pobre mantenimiento.	CO: disminución del oxígeno en la sangre.
	HC	HC: autos viejos y de pobre mantenimiento.	HC: precursor del ozono.
	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> : autos viejos, menos eficientes en consumo.	CO <sub>2</sub> : gases invernadero.
Tamaño flota	Todos	Contribuye a la congestión.	Ver arriba.
Condiciones de las carreteras	CO	Disminución en velocidades de tránsito, máquinas sobrecargadas.	CO: Disminución del oxígeno en la sangre.
	HC	Efectos similares a la congestión.	HC: precursor del ozono (enfermedades respiratorias, asma, irritación de ojos, restricción de actividad).
	CO <sub>2</sub>	Reducción en eficiencia del combustible.	CO <sub>2</sub> : Gases invernadero.
	PM	Carreteras no pavimentadas o con mal mantenimiento aumentan el PM.	PM: enfermedades respiratorias, asma, bronquitis crónica, muerte prematura.

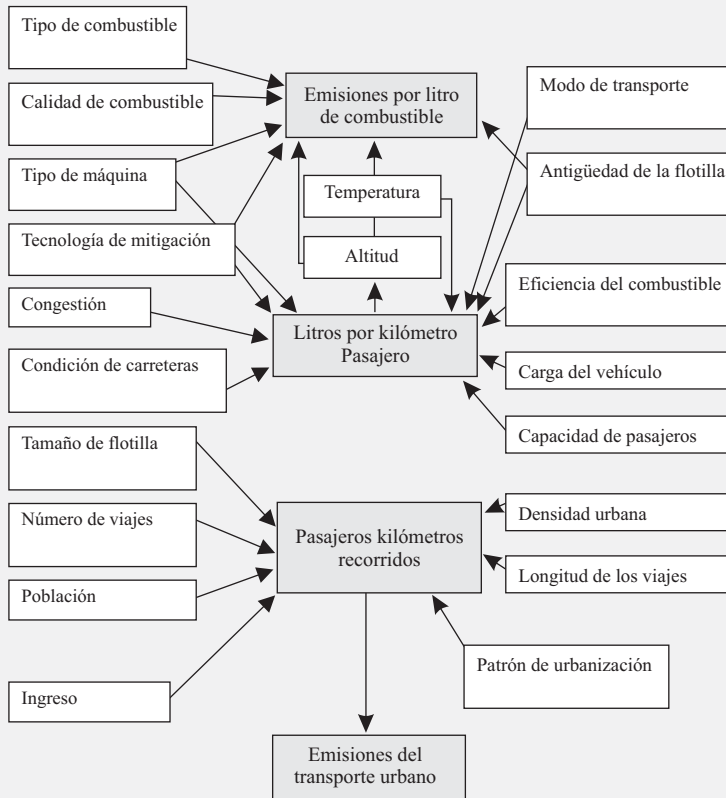
*Fuente: Heil y Pargal (1998) en Contraloría General de la República, 2001*

lo y de las actividades agrícolas, las cuales también liberan pesticidas tóxicos como el bromuro de metilo, los cuales permanecen en nuestro entorno atmosférico por muchos años, causando deterioro a los ciclos biológico naturales, la capa de ozono, el suelo y el manto acuífero.

La mayor parte de los clorofluocarbonos producidos en el mundo se utiliza en refrigeradores, congeladores, aires acondicionados, aerosoles, plásticos expansibles que tienen múltiples usos en la construc-

ción, la industria automotriz y la fabricación de envases, la limpieza y funciones similares. La estructura estable de estas sustancias, no sólo les permite ser poderosos gases de efecto invernadero, sino que también los convierte en contribuyentes a la disminución del ozono estratosférico. Como consecuencia, el dióxido de carbono ha aumentado su concentración atmosférica promedio de 280 partes por millón a 358 partes por millón y la concentración de otros gases como metano y óxido nitroso con un potencial de calentamiento ma-

### **Emisiones del transporte urbano de pasajeros principales determinantes y vínculos**



Fuente: Heil y Pargal (1998) en Contraloría General de la República, 2001

por que el del dióxido de carbono, ha aumentado en los últimos doscientos años (IMN, 2000).

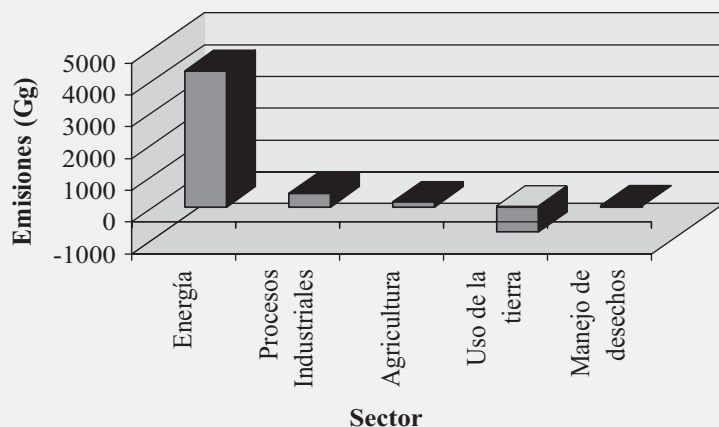
Ciertamente el desarrollo tecnológico, así como el desarrollo industrial, se han dado a costa de un deterioro ambiental, afectando profundamente las condiciones atmosféricas. Entre las consecuencias más graves de las distintas formas de contaminación de la atmósfera a escala mundial figura el calentamiento climático debido al incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero, que a su vez implica cambios en fenómenos océano-atmosféricos como *El Niño*, así como en la intensidad de la actividad ciclónica tropical. Otra consecuencia fundamental es la disminución de la capa estratosférica de ozono.

Como seguimiento a la Convención Marco sobre el Cambio Climático proclamada en mayo de 1992, Costa Rica demostró liderazgo a nivel mundial y lanzó un ambicioso programa que incorpora los principios del desarrollo sostenible en los programas de diferentes instituciones de gobierno. Así, Costa Rica publicó en 1996 el primer inventario de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI), tomando como referencia el año 1990. El mismo estuvo a cargo del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, que coordinó un grupo integrado por expertos de diferentes instituciones, utilizando las guías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

### **Sector de generación térmica**

En el sector de generación térmica, la electricidad es producida en un alto porcentaje mediante fuentes renovables, principalmente energía hidroeléctrica y geotérmica, y en menor proporción energía eólica y otras. Sin embargo, en períodos climáticos adversos o influidos por el incremento en la demanda, se requiere la producción de energía en centrales térmicas que consumen una cantidad considerable de combustibles. Para la generación de electricidad, el búnker y el diesel son los combustibles más usados y en un menor grado el bagazo. El búnker y el diesel cada uno aportó en dióxido

### **Emisiones totales por sector**



de carbono un 96 por ciento de las emisiones, seguido por el monóxido de carbono con un 2 por ciento, y los demás gases aportaron un 2 por ciento de las emisiones (IMN, 2000).

### Sector residencial y comercial

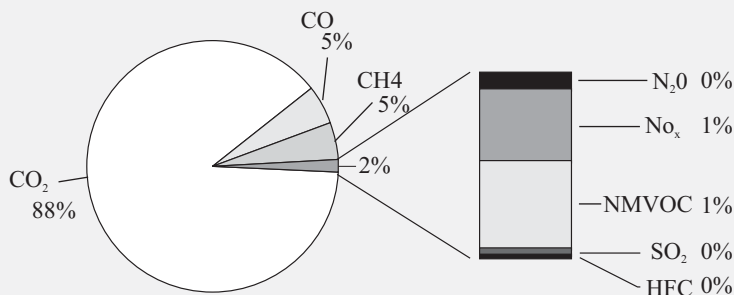
En el sector residencial el consumo de combustibles obedece a necesidades de cocción, principalmente. Los combustibles más utilizados son la leña, el carbón vegetal, el gas licuado, el queroseno y la gasolina. Los dos últimos son utilizados para otros fines: por ejemplo, el queroseno para algunos casos de enfriamiento y la gasolina para producir fuerza motriz.

En el sector comercial se deben satisfacer necesidades energéticas en equipo de oficina, iluminación, cocción, refrigeración, generación de calor y fuerza motriz, siendo la electricidad la fuente de energía que satisface estas necesidades. En la cocción se utiliza además el gas licuado y la leña. En la generación de fuerza motriz se utiliza la gasolina y el diesel, principalmente en restaurantes, hoteles y sodas.

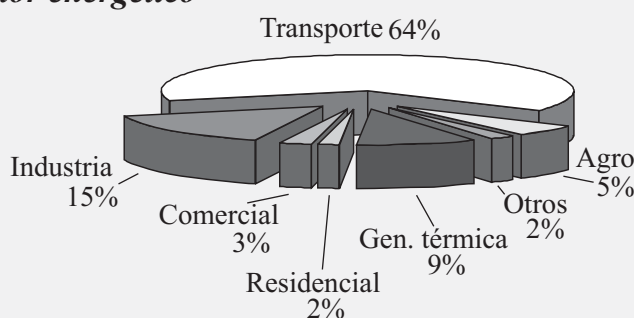
### Sector industria

En el sector de procesos industriales, se identificó la producción de cemento como una de las fuentes más importantes por sus emisiones de dióxido de carbono. Además, se estimaron los gases emitidos por la producción de cal, la utilización de carbonato sódico, la industria del vidrio, la producción de ácido nítrico,

### Emisiones netas por tipo de gas



### Distribución porcentual de las emisiones del sector energético



la producción de bebidas alcohólicas y alimentos, y la utilización de halocarburos (IMN, 2000).

La producción de bebidas alcohólicas genera emisiones de hidrocarburos debido a la fermentación de las materias primas en el proceso. La producción de cerveza generó 38 toneladas de hidrocarburos mientras la producción de alcohol produjo 84 toneladas de emisiones de hidrocarburos volátiles

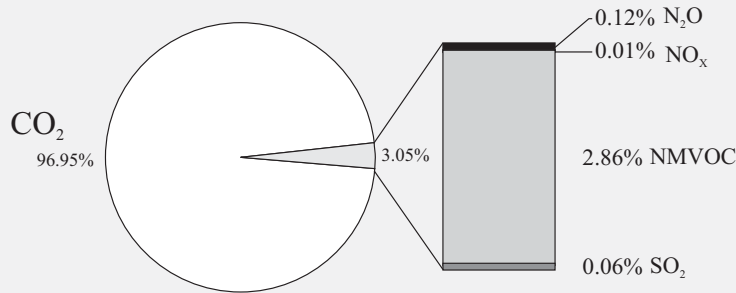
El tostado de café emitió 9,5 toneladas de hidrocarburos volátiles, el procesamiento del azúcar contribuyó con 3 327 toneladas y la melaza 1 312 toneladas para un total de 4,64 gigagramos de hidrocarburos volátiles emitidos en el procesamiento de estos tres productos.

En 1996, Costa Rica importó un total de 724 toneladas de halocarburos, por lo que las emisiones potenciales de estos productos corresponden a esta misma cantidad de producto. Las emisiones totales

### Obligaciones nacionales en el control de sustancias que agotan la capa de ozono

Fecha en que empezó(ará) el cumplimiento	Disminución en la importación de los CFCs	Importaciones de CFCs viables
1 de julio de 1999	Al promedio de 1995-1997	180 toneladas
1 de enero de 2005	En un 50% del promedio de 1995-1997	90 toneladas
1 de enero de 2007	En un 85% del promedio de 1995-1997	27 toneladas
1 de enero de 2010	Eliminación total de CFCs	0 toneladas
1 de enero de 2010	Eliminación total de BrMe	0 toneladas
1 de enero de 2030	Eliminación total de los HFC	0 toneladas

### **Distribución porcentual de las emisiones por tipo de gas en el sector procesos industriales**



en este sector corresponden a 430,2 gigagramos, de las cuales las emisiones de dióxido de carbono del proceso de producción de cemento totalizaron 411,6 gigagramos (IMN, 2000).

### **Sector agrícola**

El sector agrícola presenta emisiones de diversas fuentes, producto tanto del manejo como de la combustión. Así, la ganadería y los animales domésticos producen la emisión de metano debido a la fermentación entérica y manejo de estiércol. Los animales rumiantes son los mayores productores de metano. Se calculó, para cada estado fisiológico y por sistema de producción, la emisión de metano en función del consumo de alimento, la calidad de la dieta, el peso vivo, la ganancia de peso, la producción de leche, el estado de crecimiento y la población animal de cada categoría. El total obtenido para el año 1996 fue 119,74 gigagramos (mil toneladas) de metano por fermentación entérica y las emisiones por manejo de estiércol contabilizaron 2,01 gigagramos de metano, lo que representó un total de 121,75 gigagramos (121 746 toneladas) de metano. (IMN, 2000).

En el cultivo de arroz inundado se produce emisión de metano cuando la materia orgánica se descompone por la ausencia de oxígeno. La producción de arroz anegado en Costa Rica ha representado cerca del 20 por ciento del área total sembrada de este cultivo en los últimos años, y en 1996 fue de 17 544 hectáreas.

En Costa Rica, se presentan áreas de pastizales en la zona del Pacífico Seco. El crecimiento de los pastizales es controlado por la alternancia de las estaciones climáticas, y es en la estación seca cuando se

presenta mayor riesgo de incendios, principalmente de origen antropogénico. De acuerdo con la información de la evaluación de áreas quemadas obtenidas de las imágenes de satélite de 1996, 6 120 hectáreas fueron afectadas por quemaduras, totalizando 49 toneladas de metano, 1 295 toneladas de monóxido de carbono y 22,6 toneladas de óxidos de nitrógeno.

En las labores agrícolas generalmente se produce gran cantidad de desechos, y es común que los desechos de ciertos cultivos se utilicen en la generación de energía, como es el caso de la cascarilla de café, bagazo, cascarilla de arroz y otros, mientras el mayor porcentaje se deja en el campo para su descomposición. Se realizó una estimación para los cultivos de maíz, arroz, frijón y caña de azúcar, con un total de 0,5 gigagramos de metano, 10,51 gigagramos de monóxido de carbono, 0,012 gigagramos de óxido nítrico y 0,445 gigagramos de óxidos de nitrógeno.

Los suelos agrícolas pueden emitir o absorber gases como óxido nítrico, dióxido de carbono y metano. Las emisiones de óxido nítrico se producen por la aplicación de fertilizantes sintéticos, manejo de estiércol y fijación biológica de nitrógeno del suelo. Los resultados obtenidos muestran una emisión de 7,62 gigagramos, que representa un 4 por ciento del total de este sector.

La acción humana hace que el carbono almacenado en los bosques sea liberado a la atmósfera cuando se le cambia el uso al bosque, razón por lo cual se estimó la emisión o absorción de dióxido de carbono producidos en prácticas de manejo del bosque como cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa; la conversión de bosques y praderas y el abandono de tierras cultivadas.

Además, se calculó la liberación inmediata de otros gases producto de la combustión de biomasa *in situ* de bosques talados, cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa. Se estimó la cantidad de carbono fijado mediante el área de plantación y la tasa de crecimiento anual de cada especie. La fracción de carbono de la biomasa seca fue calculada en 0,45, de acuerdo a dos estudios realizados en

Costa Rica, específicamente en robledales y en plantaciones de melina, pochote y teca. La biomasa extraída de las plantaciones en 1996 fue estimada en alrededor de 100 000 metros cúbicos, lo que representa alrededor de 50 000 toneladas.

### Absorción de dióxido de carbono en plantaciones forestales

Especie	Área plantada Kha	Absorción de dióxido de carbono en gigagramos
Melina	47,33	1.132,3
Eucalipto	9,70	232,2
Teca	14,62	193,0
Pino	4,27	81,0
Ciprés	4,91	81,0
Laurel	17,04	191,2
Pochote	20,33	228,1
Jaúil	1,66	21,9
Terminalia ivorensis	2,48	51,2
Otras	16,83	188,8
Subtotal	139,17	2 400,6
Cosecha comercial	—	82,5
Total	—	2318,1

### Emisiones por tratamiento de desechos industriales y municipales

En rellenos sanitarios, Costa Rica cuenta con estadísticas de deposición de desechos sólidos, por lo que este valor fue utilizado en la evaluación de emisiones. Estos desechos contienen un 80 por ciento de material biodegradable, estimándose las emisiones de acuerdo con su cantidad total. La fracción de metano en el gas de los vertederos se tomó en 0,5, de acuerdo con análisis hechos al gas emitido en uno de los rellenos sanitarios de Costa Rica. El metano producido no es recuperado ni se considera la presencia de oxidación de metano en valores apreciables siendo emitido a la atmósfera en su totalidad. El valor de emisión de metano en 1996 fue 37,3 gigagramos (IMN, 2000).

Para la estimación de las emisiones a partir de las aguas residuales, se dividió en aguas residuales domésticas y comer-

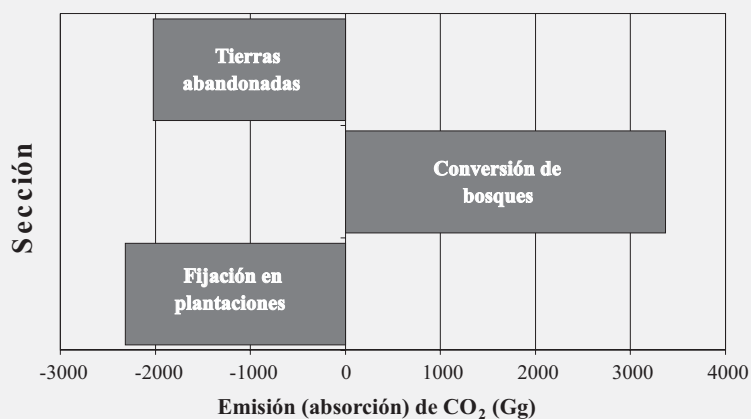
ciales, y efluentes industriales. El volumen de aguas residuales domésticas se calculó donde éstas son descargadas en los ríos, con base en la población de áreas urbanas; en la población rural se estimó donde se utilizan fosas abiertas o sépticas y en el caso especial de Puntarenas, en la planta de tratamiento de aguas negras. Se consideró que la emisión de metano de las aguas descargadas a los ríos y de fosas abiertas es despreciable: los resultados fueron de 0,595 gigagramos de metano.

En lo referente a aguas industriales, las principales empresas en Costa Rica son procesadoras de alimentos. Se evaluaron las emisiones de metano generadas en plantas procesadoras de fertilizantes, cerveza, alcohol, productos cárnicos, procesamiento de pollo, azúcar, melaza, aceites y grasas, café y papel. Para el cálculo de las emisiones de metano derivadas de aguas residuales en las industrias costarricenses, se llevó a cabo una investigación del volumen de aguas residuales generado en las principales empresas productoras.

Los valores de demanda química de oxígeno fueron suministrados por las empresas productoras para cada una de las diferentes actividades.

Se supuso una fracción de los efluentes tratados en 20 por ciento y un factor de conversión en metano del 90 por ciento como se sugiere en la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. También se tomó el valor por defecto de 0,25 kilogramos CH<sub>4</sub>/kilogramos de demanda química de oxígeno

### Emisión o absorción de dióxido de carbono por cambio de uso de la tierra



---

como la capacidad máxima de producción de metano, obteniendo un total de 3,55 gigagramos de metano.

Las emisiones por manejo de desechos ascendieron a 41,4 gigagramos de metano que corresponden a 90 por ciento por rellenos sanitarios y 10 por ciento por manejo de aguas residuales.

### ***Gases potenciales de calentamiento***

Con el fin de evaluar la emisión relativa de gases, se estimaron los potenciales de calentamiento para horizontes temporales de 20 y 100 años. El sector agrícola y el de manejo de desechos se vuelven muy importantes cuando se estiman las emisiones en equivalentes de dióxido de carbono debido al alto potencial de calentamiento del metano con respecto a este gas.

# ATMÓSFERA

**Cuadro 66. Costa Rica: Emisiones totales de gases de efecto invernadero según actividad 1990 y 1996**

Actividad	Emisiones totales (Gg)								
	TOTAL	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>x</sub>	Halocarburos
<b>1990</b>									
<b>Total</b>	<b>4.404,4</b>	<b>3.843,5</b>	<b>331,4</b>	<b>162,0</b>	<b>0,7</b>	<b>33,5</b>	<b>33,3</b>		
Energía	2.665,6	2.381,4	215,4	5,3	0,1	30,1	33,3		
Procesos industriales	367,9	367,9							
Agricultura	139,8		14,26	124,5	0,5	0,6			
Cambio de uso de la tierra	1.210,6	1.094,2	101,8	11,6	0,1	2,9			
Manejo de desechos	20,5			20,5					
<b>1996</b>									
<b>Total</b>	<b>4.047,7</b>	<b>3.583,5</b>	<b>206,4</b>	<b>185,8</b>	<b>7,4</b>	<b>27,9</b>	<b>33,9</b>	<b>2,0</b>	<b>0,7</b>
Energía	4.287,5	4.137,6	101,3	0,5	0,1	24,7	21,6	2,0	
Procesos industriales	431,0	417,1			0,5	0,1	12,3		0,7
Agricultura	152,4		12,0	133,2	6,7	0,5			
Cambio de uso de la tierra	-864,6	-971,2	93,2	10,7	0,1	2,7			
Manejo de desechos	41,4			41,4					

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 67. Costa Rica: Distribución porcentual de las emisiones por tipo de gas según actividad 1990 y 1996**

Actividad	Total	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>x</sub>	Halocarburos
<b>1990</b>									
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>87,3</b>	<b>7,5</b>	<b>3,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>		
Energía	100,0	89,3	8,1	0,2	0,0	1,1	1,2		
Procesos industriales	100,0	100,0							
Agricultura	100,0		10,2	89,1	0,4	0,4			
Cambio de uso de la tierra	100,0	90,4	8,4	1,0	0,0	0,2			
Manejo de desechos	100,0			100,0					
<b>1996</b>									
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>88,5</b>	<b>5,1</b>	<b>4,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Energía	100,0	96,5	2,4	0,0	0,0	0,6	0,5	0,0	
Procesos industriales	100,0	96,8			0,1	0,0	2,9		0,2
Agricultura	100,0		7,9	87,4	4,4	0,3			
Cambio de uso de la tierra	100,0	112,3	-10,8	-1,2	0,0	-0,3			
Manejo de desechos	100,0			100,0					

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 68. Costa Rica: Emisiones netas por tipo de gas  
1990 y 1996**

Año	Emisiones totales (Gg)								
	TOTAL	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	NM VOC	SO <sub>x</sub>	Halocarburos
1990	100,0	87,3	7,5	3,7	0,0	0,8	0,8		
1996	100,0	88,5	5,1	4,6	0,2	0,7	0,8	0,0	0,0

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 69. Costa Rica: Emisiones de gases de efecto invernadero  
de efecto invernadero  
1990 y 1996**

Actividad	1990	1996
<b>Total (Gg)</b>	<b>4.404,4</b>	<b>4.047,4</b>
Energía	2.665,6	4.287,5
Procesos industriales	367,9	431,0
Agricultura	139,8	152,4
Cambio de uso de la tierra	1.210,6	-864,6
Manejo de desechos	20,5	41,1
Total CO <sub>2</sub> equivalente 20 años	14.231,2	16.600,4
Total CO <sub>2</sub> equivalente 100 años	7.442,1	9.991,4

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 70. Costa Rica: Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía  
1990, 1996-1999**

**Valores absolutos y relativos**

Gases	Valores absolutos (Gg)					Valores relativos (porcentajes)				
	1990	1996	1997	1998	1999	1990	1996	1997	1998	1999
<b>Total</b>	<b>2665,6</b>	<b>4.287,50</b>	<b>4.235,98</b>	<b>5.019,93</b>	<b>5.087,71</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
CO <sub>2</sub>	2381,4	4138,6	4.065,44	4.817,66	4.871,61	89,3	96,5	96,0	96,0	95,8
CO	215,4	101,3	103,25	129,96	139,87	8,1	2,4	2,4	2,6	2,7
CH <sub>4</sub>	5,32	0,5	0,5	0,52	0,56	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
N <sub>2</sub> O	0,12	0,1	0,11	0,11	0,11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NO <sub>x</sub>	30,05	24,7	23,15	27,41	28,81	1,1	0,6	0,5	0,5	0,6
NM VOC	33,33	21,6	22,17	24,15	26	1,3	0,5	0,5	0,5	0,5
SO <sub>x</sub>		1,8	2,23	2,55	2,5		0,0	0,1	0,1	0,0
Partículas		0	19,12	17,56	18,25			0,5	0,3	0,4

Cifras preliminares

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 71. Costa Rica: Distribución porcentual de las emisiones en el sector energía  
1996**

Sector	Porcentaje
<b>Total</b>	<b>100</b>
Transporte	64
Industria	15
Gen térmica	9
Agro	5
Comercial	3
Residencial	2
Otros	2

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 72. Costa Rica: Emisiones en el sector transporte  
1996**

Combustible	Emisión (Gg)							
	Total	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	NMVOC	SO <sub>2</sub>
<b>Total</b>	<b>2.756,4</b>	<b>2.622,6</b>	<b>97,0</b>	<b>0,47</b>	<b>15,1</b>	<b>0,1</b>	<b>20,1</b>	<b>0,98</b>
Gasolina	1.462,2	1.347,8	91,6	0,4	4,0	0,05	18,1	0,23
Diesel	1.223,5	1.206,3	4,9	0,07	9,6	0,05	1,85	0,76
Diesel (Marítimo)	70,5	68,5	0,46	0,30	1,5	0,0	0,10	0,0

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 73. Costa Rica: Emisión o absorción de CO<sub>2</sub> por cambio en el uso de la tierra según sección  
1996**

Sección	Emisión (absorción) Gg
Conversión de bosques	3.366,5
Tierras abandonadas	-2.019,6
Fijación en plantaciones	-2.318,1

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 74. Costa Rica: Absorción de CO<sub>2</sub> en plantaciones forestales  
1996**

Especie	Área plantada Absorción de CO <sub>2</sub>	
	Kha	Gg
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>2.318,1</b>
Melina	47,33	1.132,3
Eucalipto	9,70	232,2
Teca	14,62	193,0
Pino	4,27	81,0
Ciprés	4,91	81,0
Laurel	17,04	191,2
Pochote	20,33	228,1
Jaúl	1,66	21,9
Terminalia Ivorensis	2,48	51,2
Otras	16,83	188,8
Subtotal	139,17	2.400,6
Cosecha comercial		82,5

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 75. Costa Rica: Emisión relativa de gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global, para un horizonte de 20 y de 100 años.  
Año referencia 1996**

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC
Emisión Gg	3.583,50	185,8	7,4	0,724
<b>Horizonte 20 años</b>				
Potencial de calentamiento global	1	56	280	746
Total relativo	3.583,50	10.404,80	2.072,00	540,1
Contribución relativa %	21,6	62,7	12,5	3,2
<b>Horizonte 100 años</b>				
Potencial de calentamiento global	1	21	310	293
Total relativo	3.583,50	3.901,80	2.294,00	212,1
Contribución relativa %	35,9	39,1	22,9	2,1

Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional.

**Cuadro 76. Costa Rica: Consumo de sustancias que agotan la capa de ozono  
1992-2000**

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Toneladas de SAOs	489	530	485	490	864	606	664	655	619

SAOs: Sustancias agotadoras de la capa de ozono.

Fuente: Ministerio del Ambiente y Energía. Comisión Gubernamental del Ozono.