



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

# Inventario Emisiones Contaminantes Criterio AREA METROPOLITANA COSTA RICA

# ¿Qué es un Inventario de Emisiones?



- Es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire que permite conocer las fuentes emisoras de contaminantes, así como el tipo y cantidad de contaminantes que se emite de cada una de ellas.
- Por medio de los inventarios se diseñan las medidas para reducir las emisiones contaminantes
- Permiten evaluar la eficiencia de la aplicación de las medidas de control de la contaminación



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



Gases  
Efecto  
Invernadero

Contaminantes  
Criterio

INVENTARIOS DE  
EMISIONES

Balace de  
Solventes

Contaminantes  
Tóxicos  
Peligrosos



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



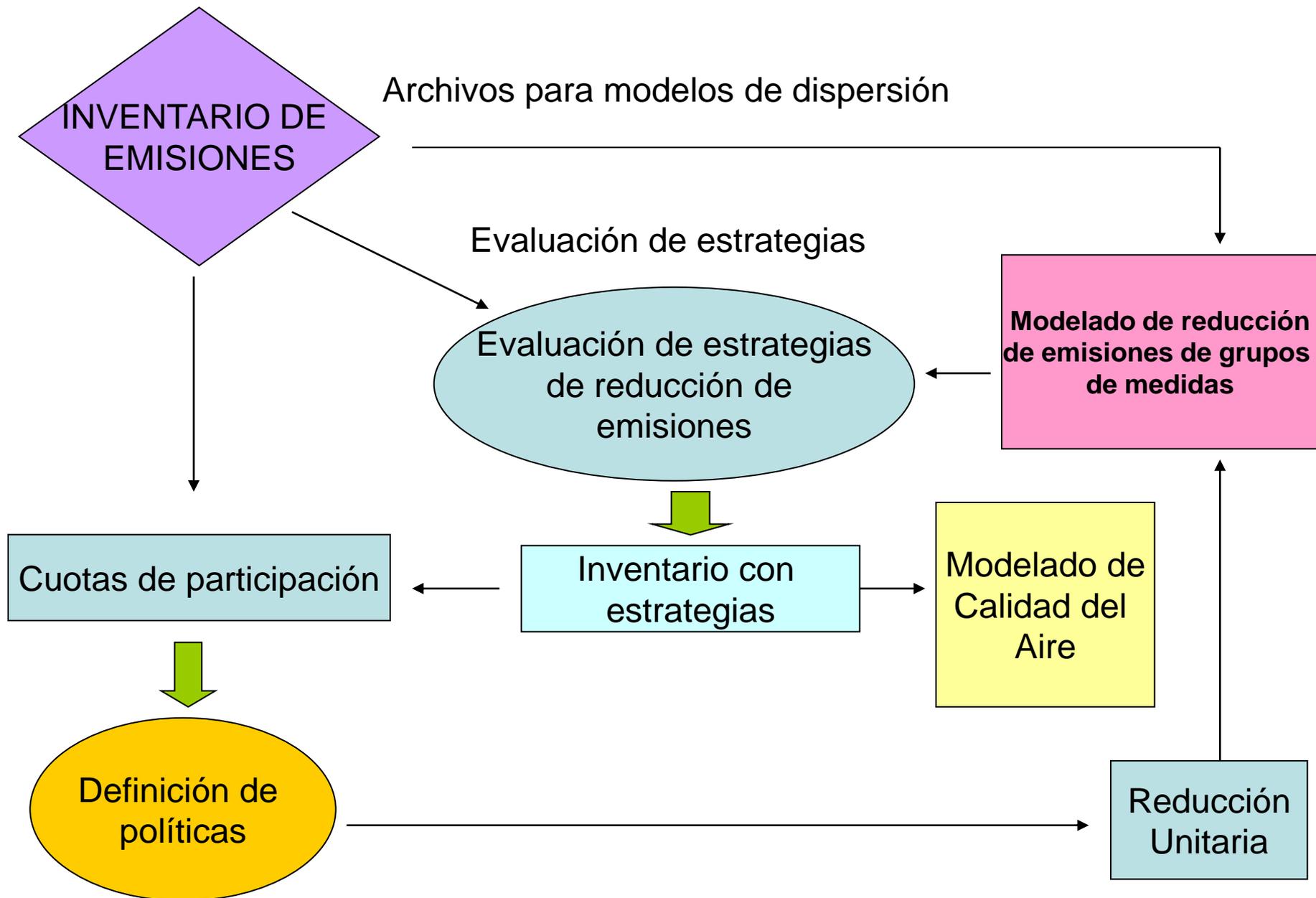
**MINAET**  
Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



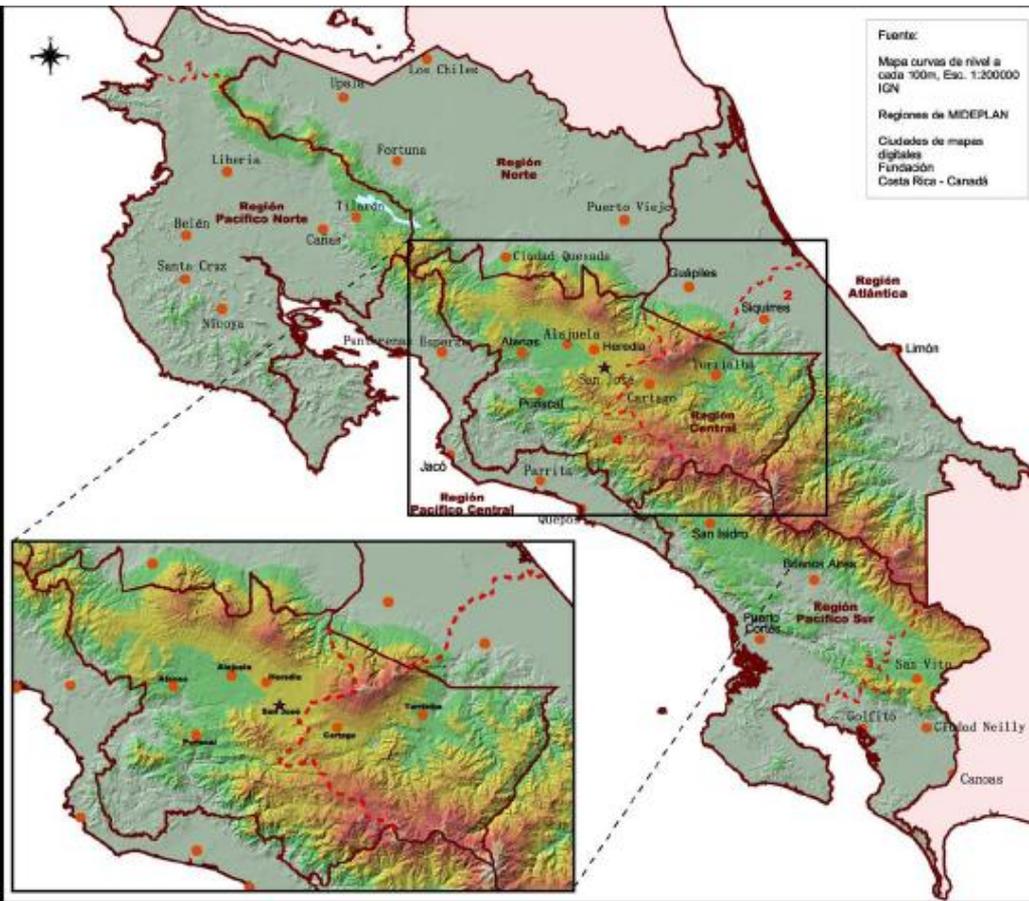
**mopt**  
Ministerio  
Obras Públicas y Transportes



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA



# Gran Área Metropolitana de Costa Rica



- Extensión: 1967 km<sup>2</sup>

- Altitud promedio: 1300 msnm

- La velocidad de los vientos a nivel del suelo es moderada en época lluviosa (usualmente de unos 10 km/h), mientras que es algo más elevada en época seca (usualmente más de 15 km/h, pudiendo llegar a unos 30 km/h).

- 31 cantones que forman parte de 4 provincias



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



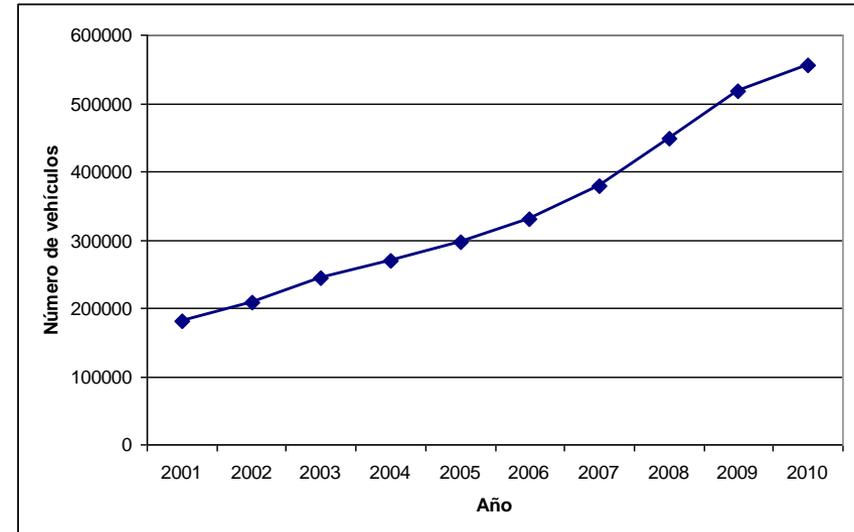
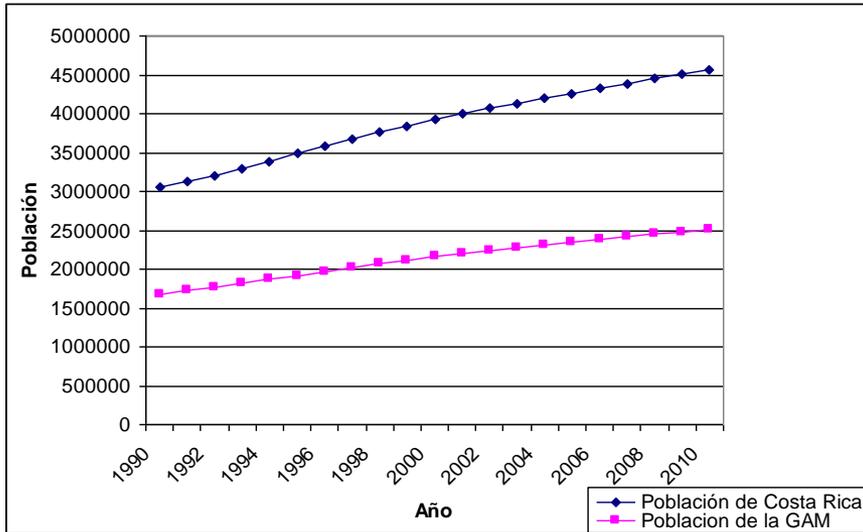
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Presiones que inciden en un incremento en las emisiones en la GAM



- Tasa Anual de crecimiento de población de 2,0% (2 493 940 habitantes en 2007).
- Flota vehicular incrementa anualmente en un 13,3% en la última década (415 982 vehículos en 2007)
- Se expende el 57% de los combustibles expendidos en el país
- Se encuentran ubicadas 3463 fuentes estacionarias de emisión según datos CCSS



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



MUNICIPALIDAD  
DE SAN JOSÉ



# Inventario de Emisiones de la GAM



- **Año Base: 2007**
- **Resolución Temporal: Anual**
- **Área de Cobertura: 31 cantones de la GAM**
- **Resolución Espacial: por municipio, en celdas de 5 km x 5 km.**
- **Categoría: Contaminantes criterio**



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Contaminantes Criterio

Son los contaminantes que están regulados por una norma que define los niveles de concentración en el aire recomendables para la protección de la salud humana. Estos son:

- Partículas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ),
- Partículas menores a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ),
- Monóxido de carbono (CO),
- Dióxido de azufre ( $SO_2$ ),
- Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )
- Gases Orgánicos Totales (GOT)
- Gases Orgánicos Reactivos
- Amoníaco



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



MUNICIPALIDAD  
DE SAN JOSÉ

**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Tipos de fuentes a ser consideradas en el Inventario de emisiones

**-Fuentes Fijas:** Son los establecimientos industriales estacionarios, regulados por el Ministerio de Salud, los cuales poseen un número de empleados mayor o igual a 40.

**-Fuentes de área:** Las fuentes de área representan las emisiones de las fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales.

**-Fuentes Biogénicas:** La vegetación (e. g., hierba, cultivos, arbustos, bosques, etc.) emiten cantidades significativas de hidrocarburos a la atmósfera. Las emisiones biogénicas pueden compararse, o rebasar, las emisiones de hidrocarburos no metano de fuentes antropogénicas en ciertas áreas.

**-Fuentes móviles:** Considera a Los vehículos automotores que circulan por carreteras como los automóviles, los camiones y autobuses diseñados para operar en carreteras públicas.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Técnicas utilizadas para estimar las emisiones

**Muestreo en la fuente.** Implica la realización de mediciones directas en las chimeneas del flujo volumétrico y las concentraciones de los contaminantes, se estiman las emisiones de las industrias

**Modelos de emisión.** Se utilizaron los siguientes modelos:

- TANKS 3.1 para estimar las emisiones de los GOR por almacenamiento masivo de combustibles en tanques
- GloBEIS 3 para calcular las emisiones de GOR y NOX provenientes de la vegetación y del suelo
- MOBILE 6, para el cálculo de las emisiones de fuentes móviles
- LANDFILL, para estimar las emisiones de GOR generadas en los rellenos sanitarios
- FAEED 2.1, con el cual se calcularon las emisiones generadas por las aeronaves.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Técnicas utilizadas para estimar las emisiones

**Encuestas.** Se implementó un formato para la obtención y actualización de los datos de actividad, utilizados en el cálculo de las emisiones (combustible, materias primas, productos, entre otros) para el sector industrial

**Factores de emisión.** La fuente de factores de emisión utilizada en este inventario fue el Air Chief Versión 8 (U.S. EPA, 2000).

**Balance de materiales.** Para el cálculo de las emisiones de dióxido de azufre de las fuentes móviles, se partió del principio de que todo el azufre contenido en el combustible vehicular menos el que reacciona para formar partículas de sulfato, se incorpora en la formación del dióxido de azufre.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

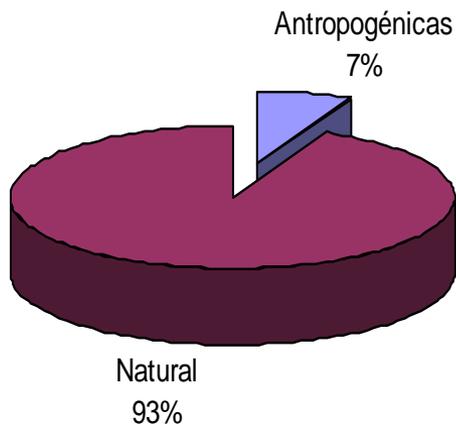


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Emisiones de contaminantes criterio GAM



Emisiones: Año 2007	(Ton)
Antropogénicas	457402
Naturales	6 192 635
Totales	6 650 037



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



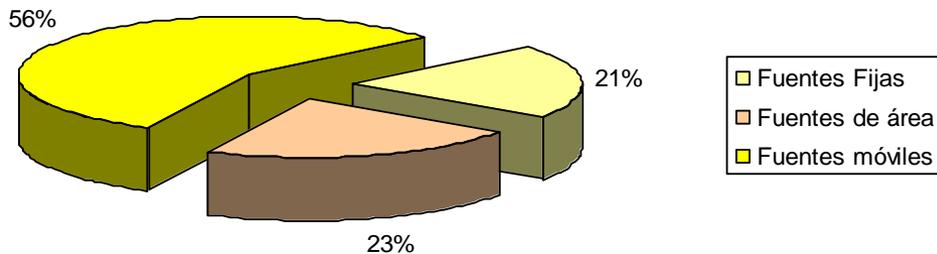
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Distribución de emisiones antropogénicas de la GAM por tipo de fuente



•Durante 2007, en la GAM se generaron 457402 toneladas de contaminantes criterio, que corresponden a emisiones antropogénicas.

Comparación de resultados de Inventarios de emisiones de contaminantes criterio

AM Costa Rica (2007)	AM Valle México (2008)	AM San Salvador (2003)
457 402 Ton	2 275 745 Ton	291 190 Ton
1967 km <sup>2</sup>	9560 km <sup>2</sup>	542 km <sup>2</sup>



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



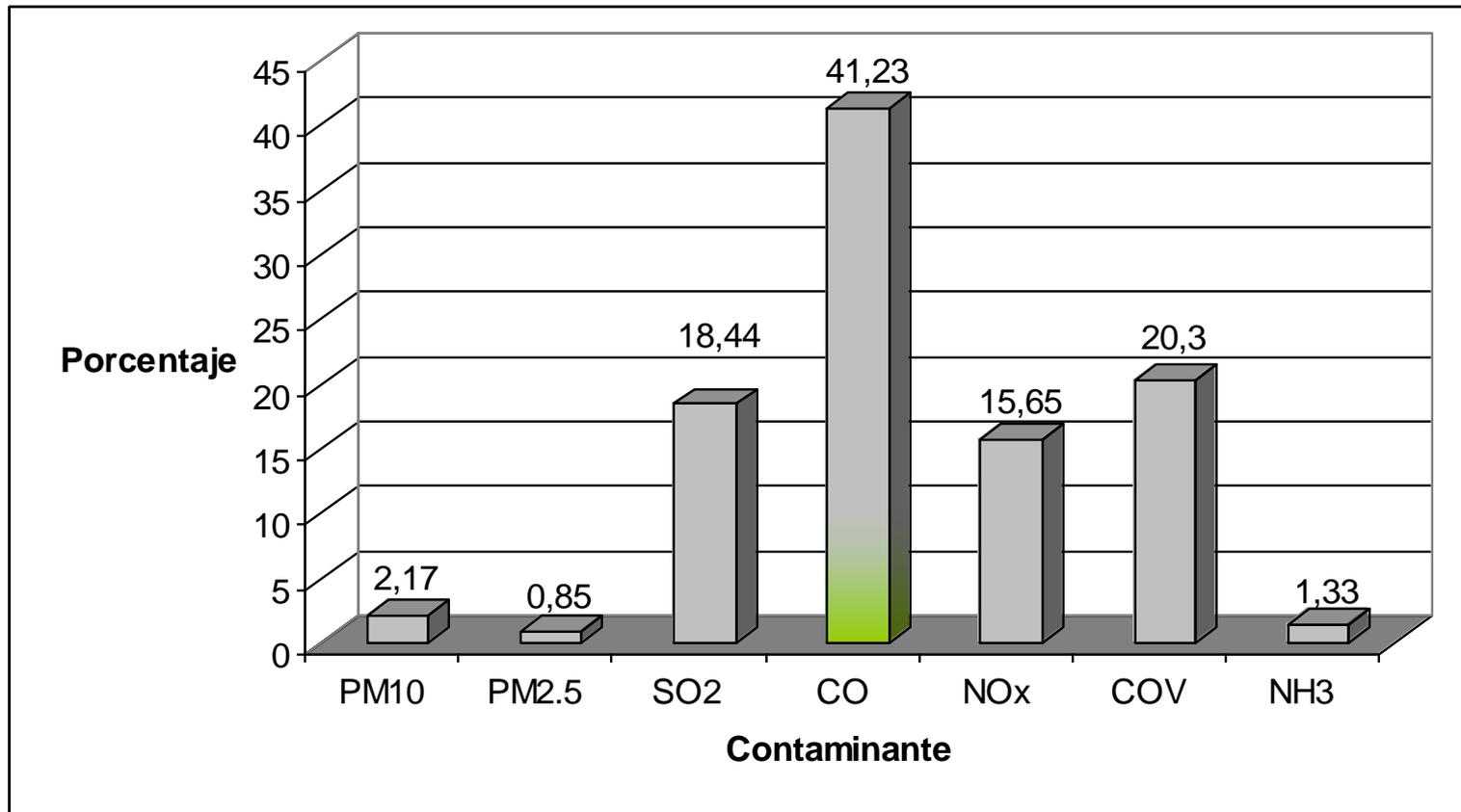
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Distribución de emisiones antropogénicas de la GAM por tipo de contaminante



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



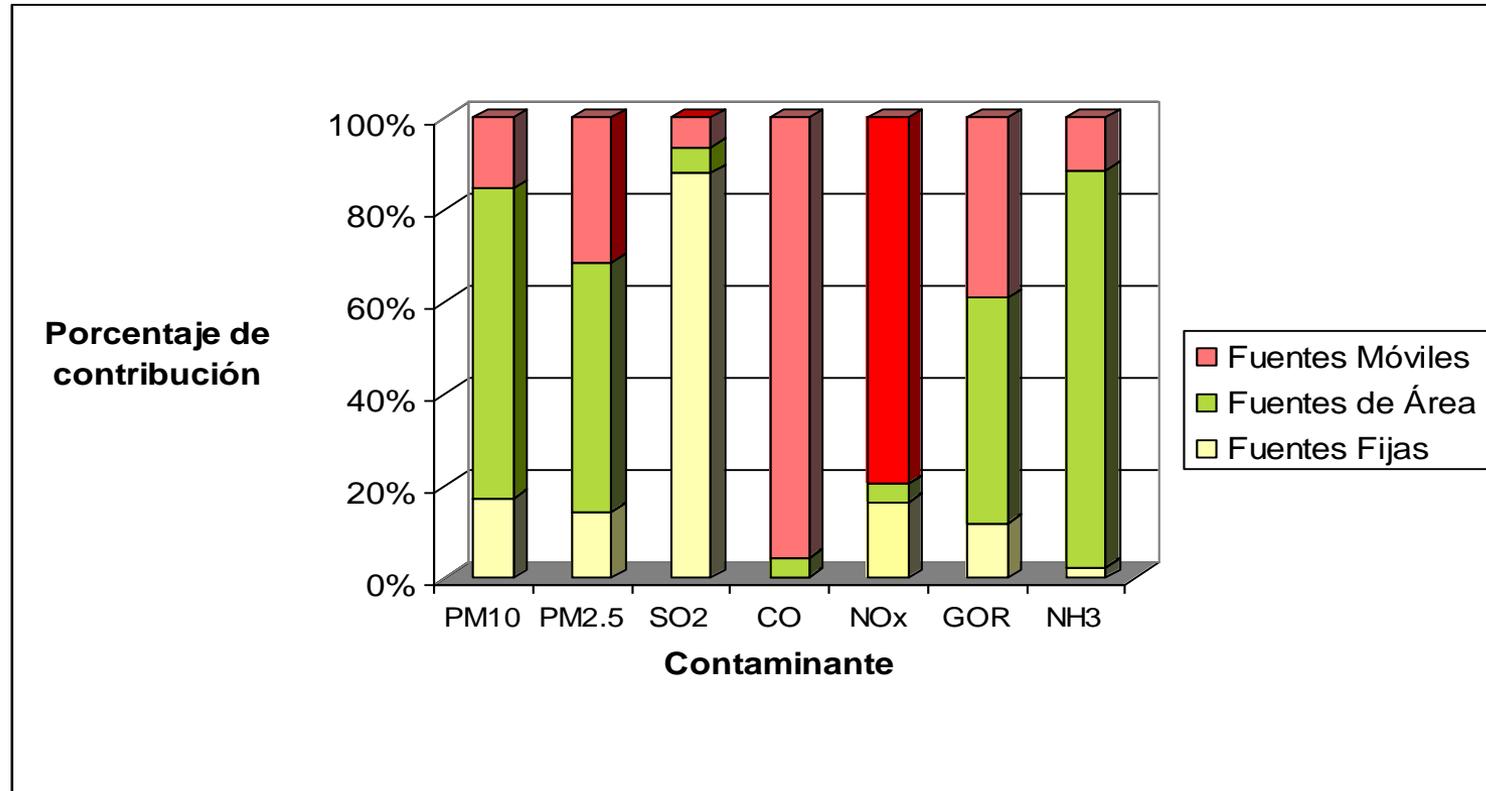
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Contribución de cada fuente por tipo de contaminante criterio



La contribución de cada tipo de fuente de emisión varía dependiendo del contaminante



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

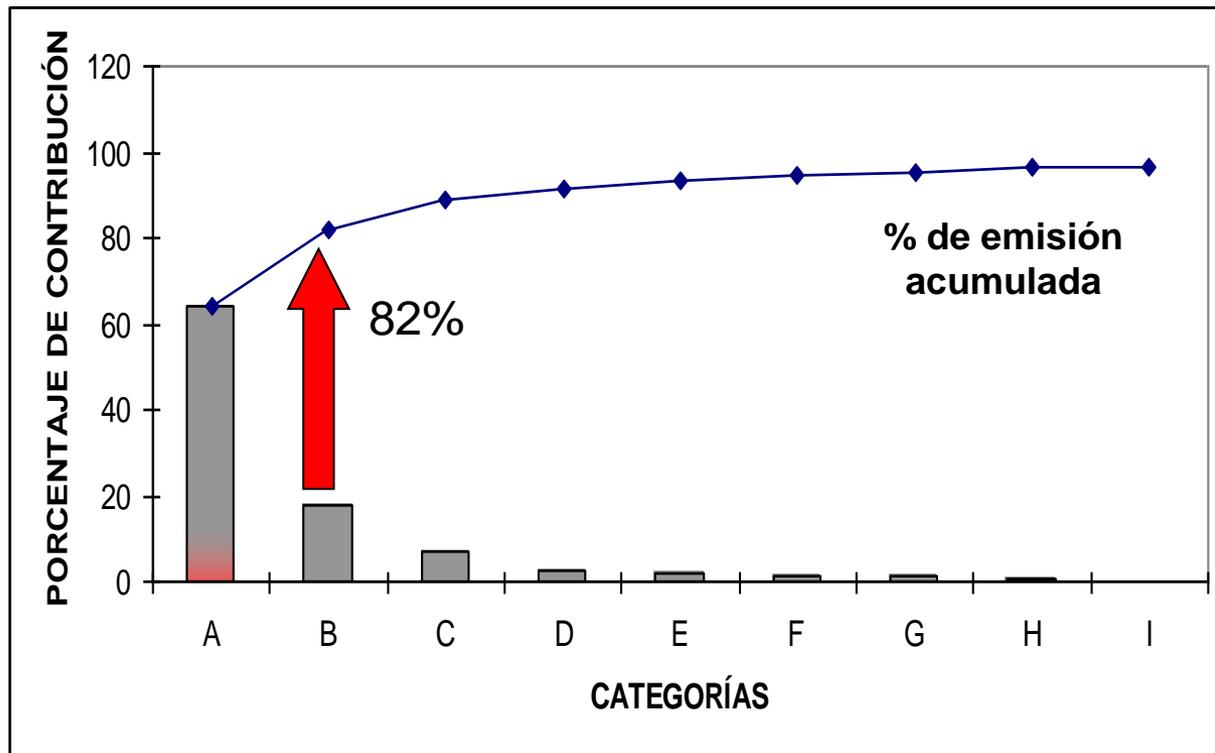


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Emisiones de CO generadas en la GAM por categoría

	FUENTES DE EMISION	%	% Ac
A	AUTOMÓVILES	64,1	64,1
B	CARGA LIVIANA	17,5	81,6
C	MOTOCICLETAS	7,1	88,7
D	CARGA PESADA	2,8	91,5
E	AUTOBUSES	1,6	93,1
F	MANEJO DE RESIDUOS	1,4	94,5
G	QUEMA DE COMBUSTIBLE INDUSTRIALES	1	95,5
H	AERONAVES	0,7	96,2
I	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,1	96,3



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

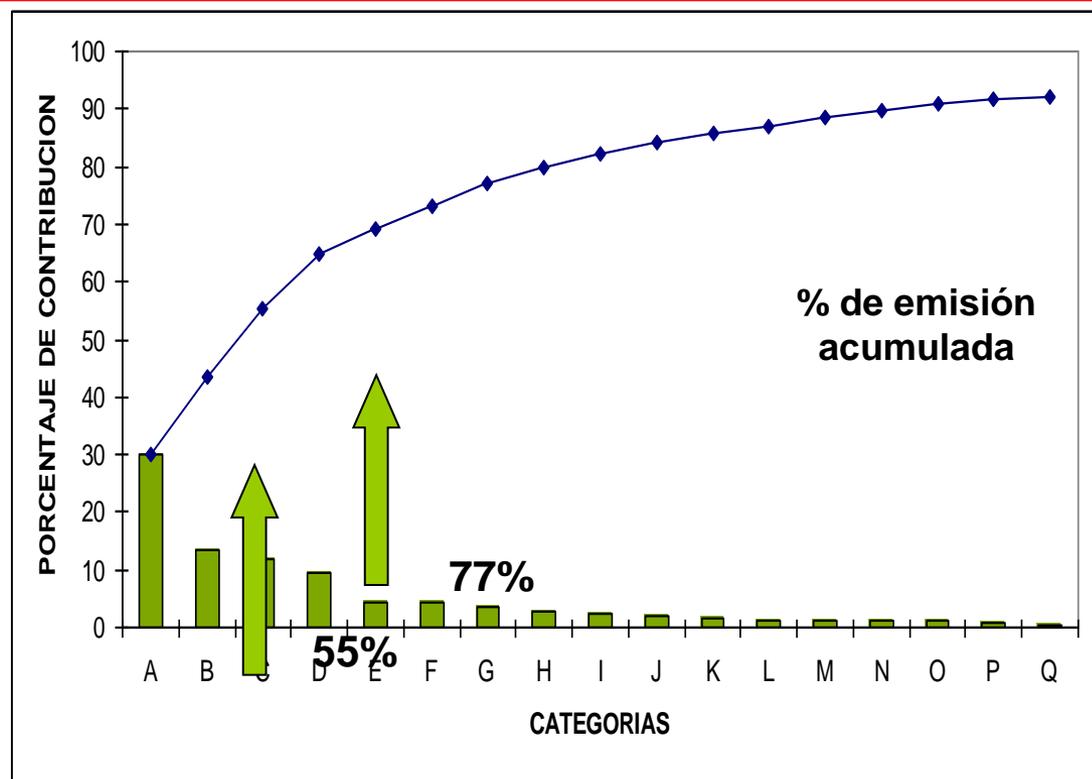


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



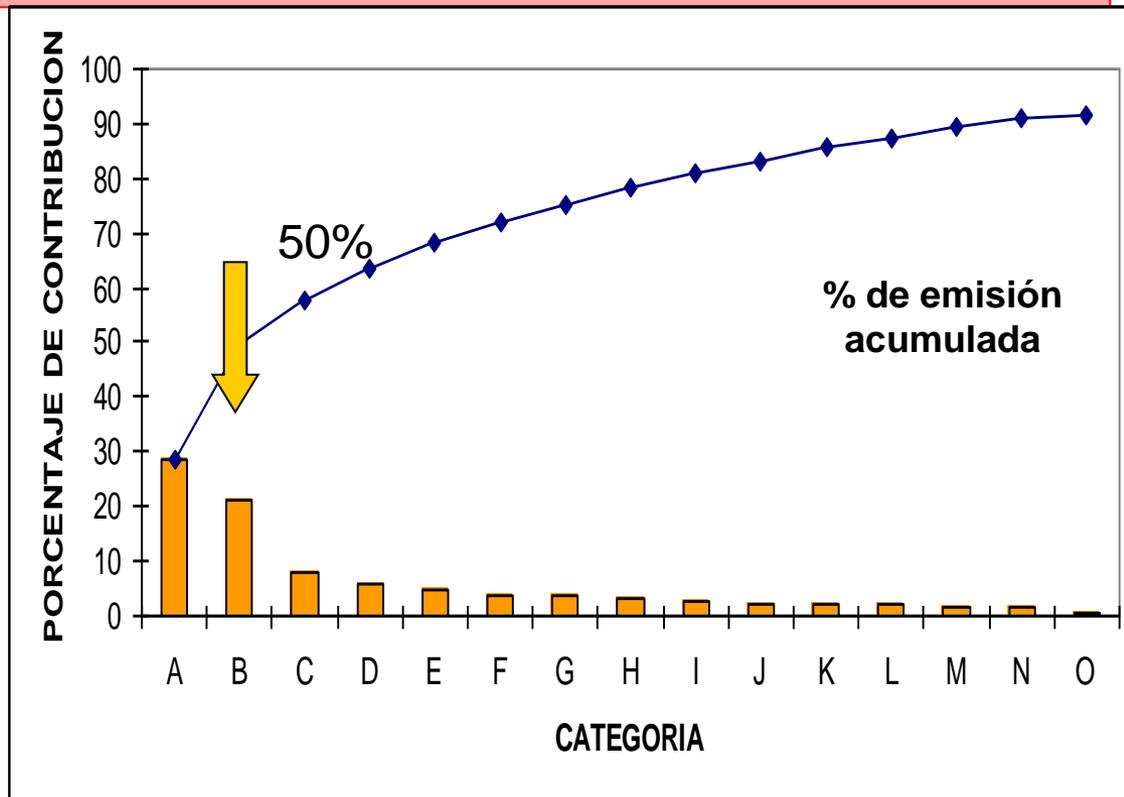
# Emisiones de PM<sub>10</sub> generadas en la GAM por categoría

	FUENTES DE EMISION	%	% a
A	POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	30	30
B	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	13,5	43,5
C	MANEJO DE RESIDUOS	11,8	55,3
D	CARGA LIVIANA	9,4	64,7
E	FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO.	4,3	69
F	POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS	4,3	73,3
G	ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	3,7	77
H	ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	2,7	79,7
I	CARGA PESADA	2,5	82,2
J	AUTOMÓVILES	2,1	84,3
K	AUTOBUSES	1,5	85,8
L	ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	1,3	87,1
M	QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	1,3	88,4
N	FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1,2	89,6
O	FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR	1,2	90,8
P	FABRICACIÓN DE VIDRIO	0,9	91,7
Q	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,2	91,9



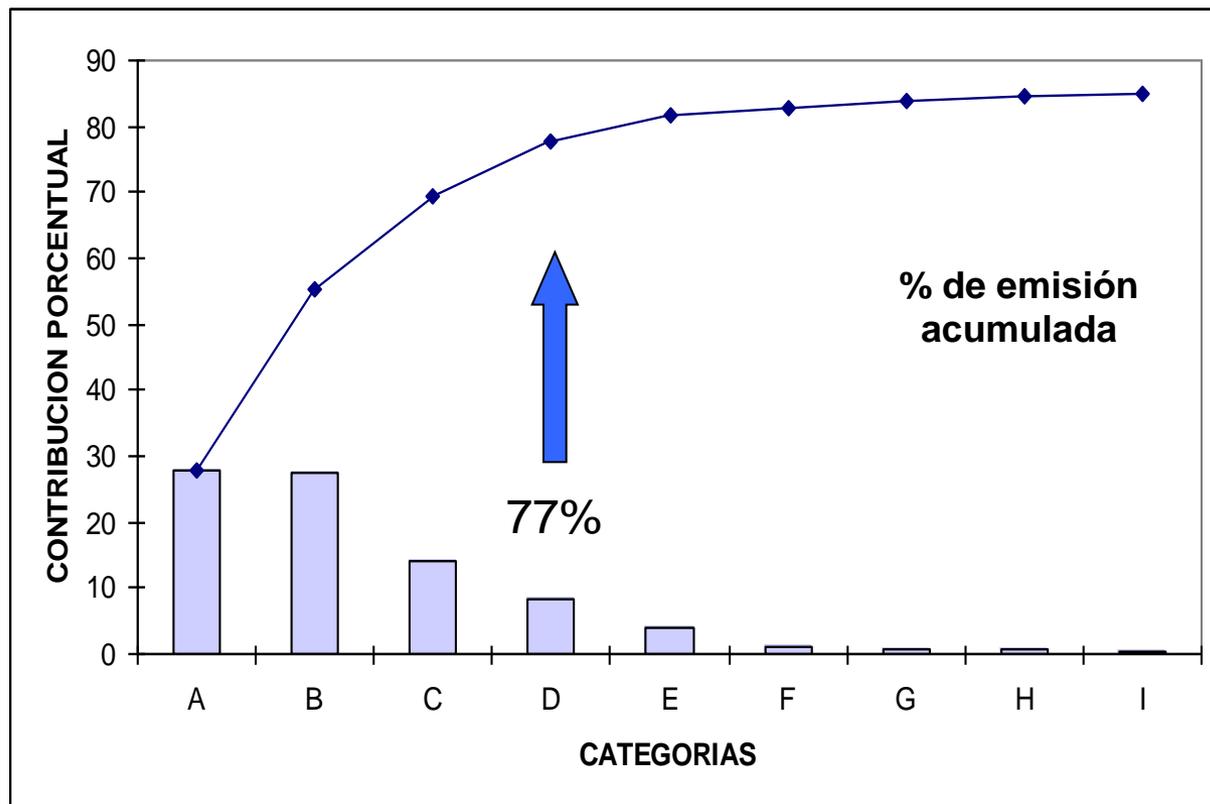
# Emisiones de PM<sub>2,5</sub> generadas en la GAM por categoría

	FUENTES DE EMISION	%	% a
A	MANEJO DE RESIDUOS	28,4	28,4
B	CARGA LIVIANA	21,4	49,8
C	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	8	57,8
D	CARGA PESADA	5,7	63,5
E	POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	4,7	68,2
F	ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	3,5	71,7
G	AUTOBUSES	3,5	75,2
H	FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO.	3,3	78,5
I	QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	2,5	81
J	FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	2,3	83,3
K	AUTOMÓVILES	2,2	85,5
L	ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	2	87,5
M	FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1,8	89,3
N	FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR	1,8	91,1
O	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,3	91,4



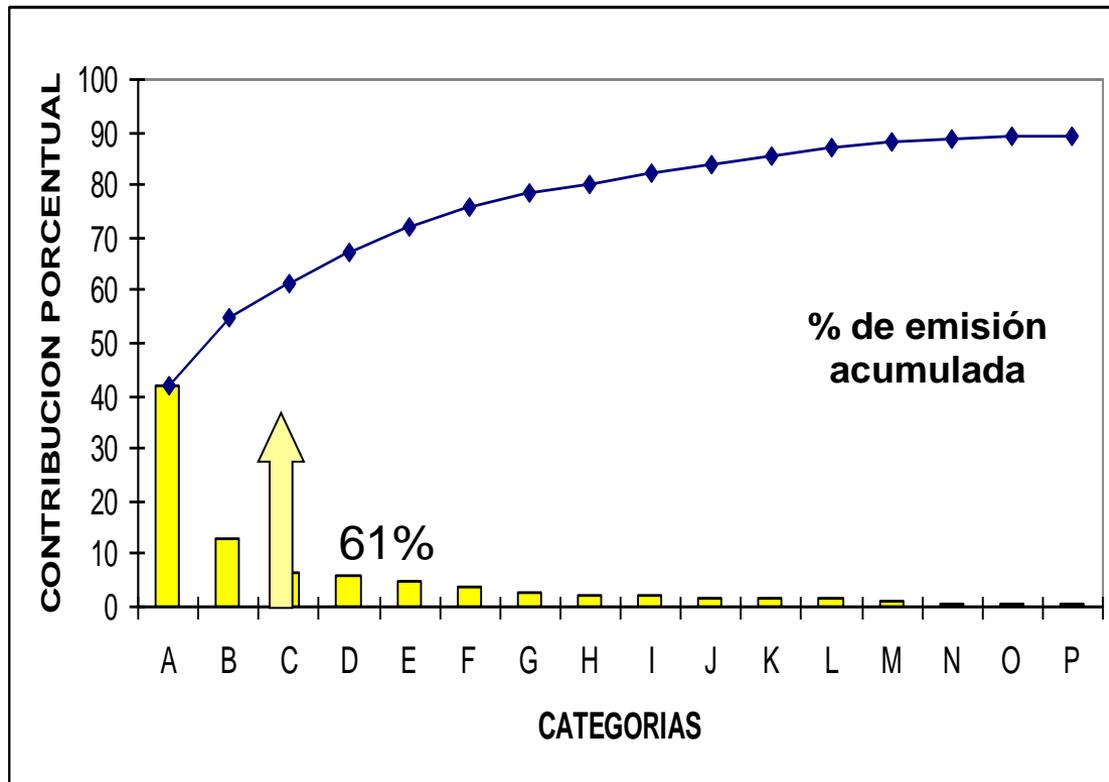
# Emisiones de NOx generadas en la GAM por categoría

	FUENTES DE EMISION	%	% Ac
A	AUTOMÓVILES	28	28
B	CARGA LIVIANA	27,4	55,4
C	AUTOBUSES	14,1	69,5
D	CARGA PESADA	8,2	77,7
E	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	4	81,7
F	MOTOCICLETAS	1,1	82,8
G	QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	0,9	83,7
H	AERONAVES	0,8	84,5
I	MANEJO DE RESIDUOS	0,3	84,8



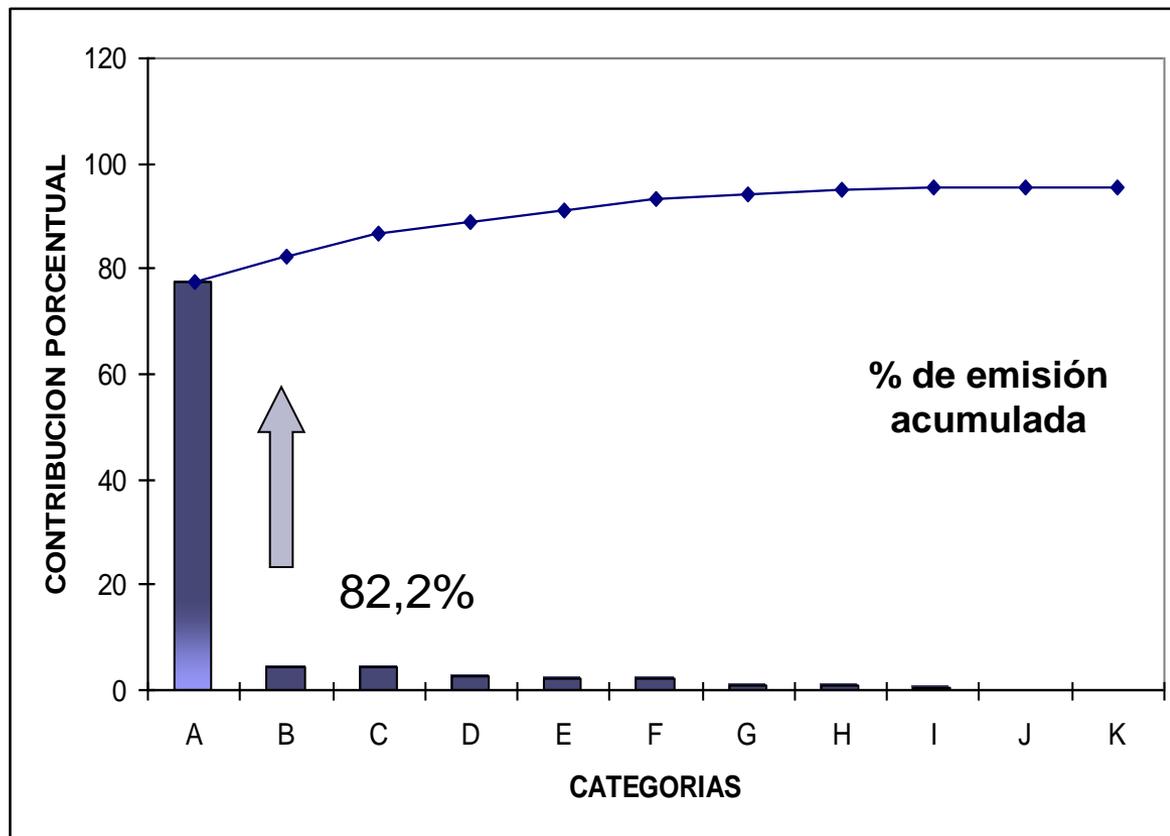
# Emisiones de GOR generadas en la GAM por categoría

	FUENTES EMISORAS	%	% ac
A	AUTOMÓVILES	42,1	42,1
B	USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES	12,9	55
C	CARGA PESADA	6,2	61,2
D	FAB.PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS	5,8	67
E	RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS	4,8	71,8
F	MANEJO DE RESIDUOS	3,9	75,7
G	CARGA LIVIANA	2,6	78,3
H	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	2	80,3
I	ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO	2	82,3
J	MOTOCICLETAS	1,6	83,9
K	ARTES GRÁFICAS	1,6	85,5
L	LAVADO EN SECO	1,4	86,9
M	AERONAVES	1,1	88
N	FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	0,5	88,5
O	AUTOBUSES	0,5	89



# Emisiones de SO<sub>2</sub> generadas en la GAM por categoría

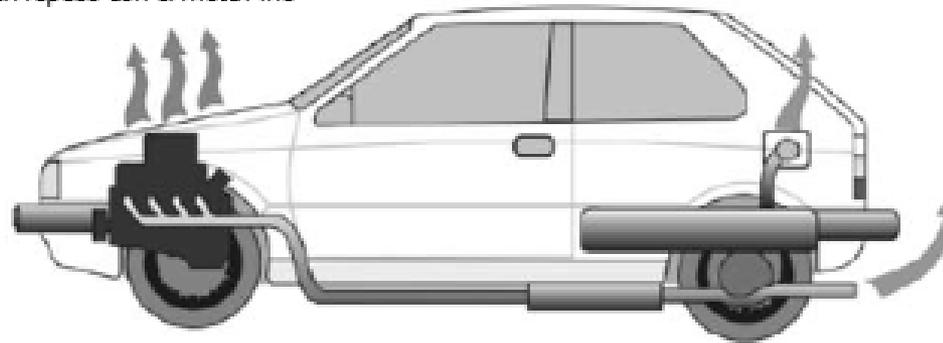
	FUENTES DE EMISION	%	% ac
A	TRANSFORMACIÓN DE ESPECIES MINERALES	77,7	77,7
B	QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	4,5	82,2
C	CARGA LIVIANA	4,3	86,5
D	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	2,5	89
E	FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	2,1	91,1
F	FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	2	93,1
G	AUTOBUSES	1	94,1
H	CARGA PESADA	0,9	95
I	FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	0,3	95,3
J	AUTOMÓVILES	0,2	95,5
K	MOTOCICLETAS	0,1	95,6



# EMISIONES DE FUENTES MOVILES

Evaporación de hidrocarburos:  
En reposo con el motor caliente  
En circulación  
En reposo con el motor frío

Evaporación de hidrocarburos:  
Ciclo diurno  
Durante la recarga de combustible



Emisiones de escape:  
Hidrocarburos  
Monóxido de carbono  
Óxidos de nitrógeno  
Partículas  
Sulfatos  
Contaminantes tóxicos

Fuente: INE-SEMARNAT, 2005.

Se incluyeron:

- Emisiones de gases de combustión por el escape
- Emisiones evaporativas del motor caliente
- Emisiones evaporativas de operación
- Emisiones diurnas
- Emisiones evaporativas en reposo



USAID  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

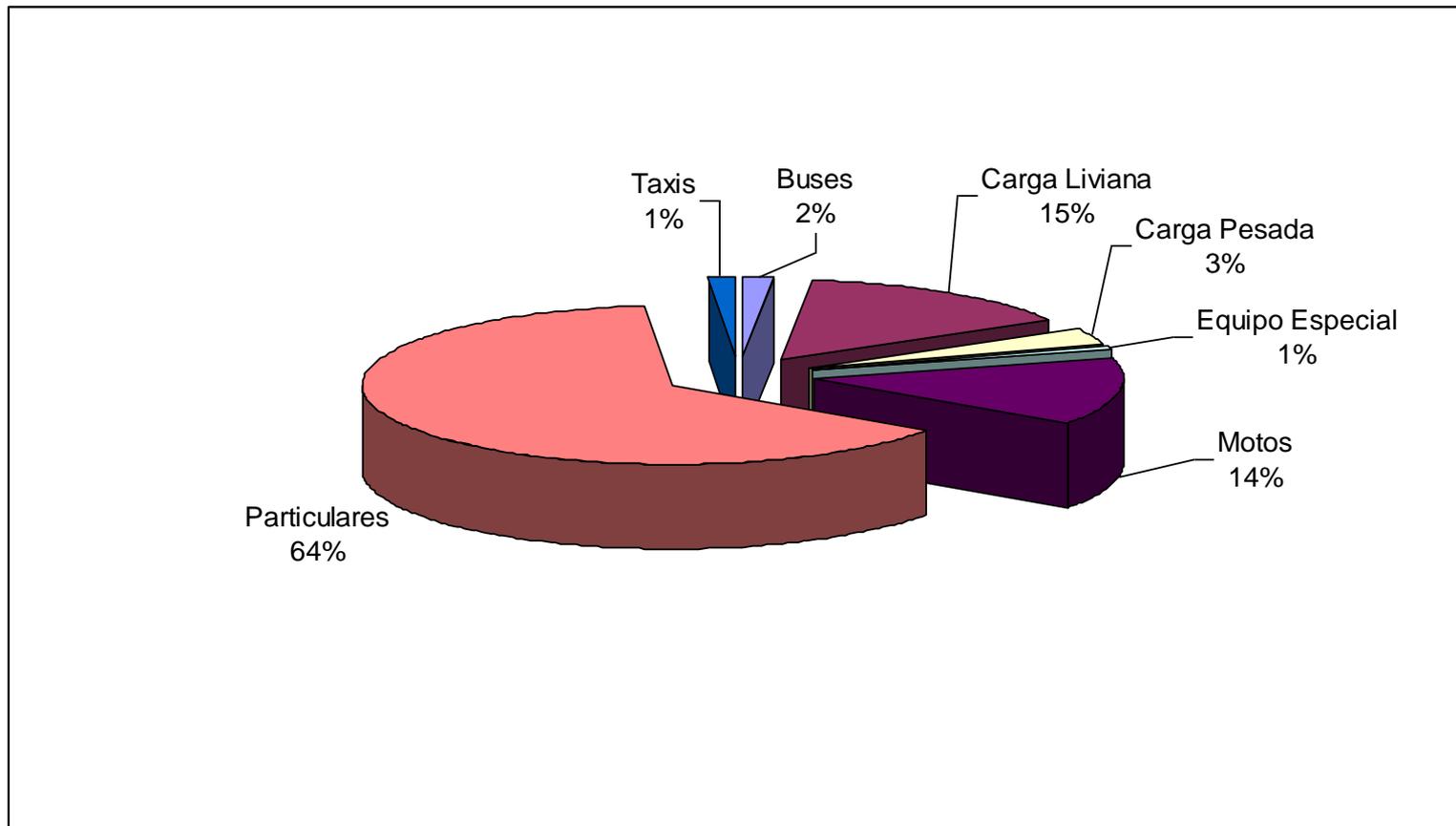


CCAD  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

# EMISIONES DE FUENTES MOVILES

## Estructura de la Flota Vehicular Año 2007



Fuente: INS, Marchamos



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

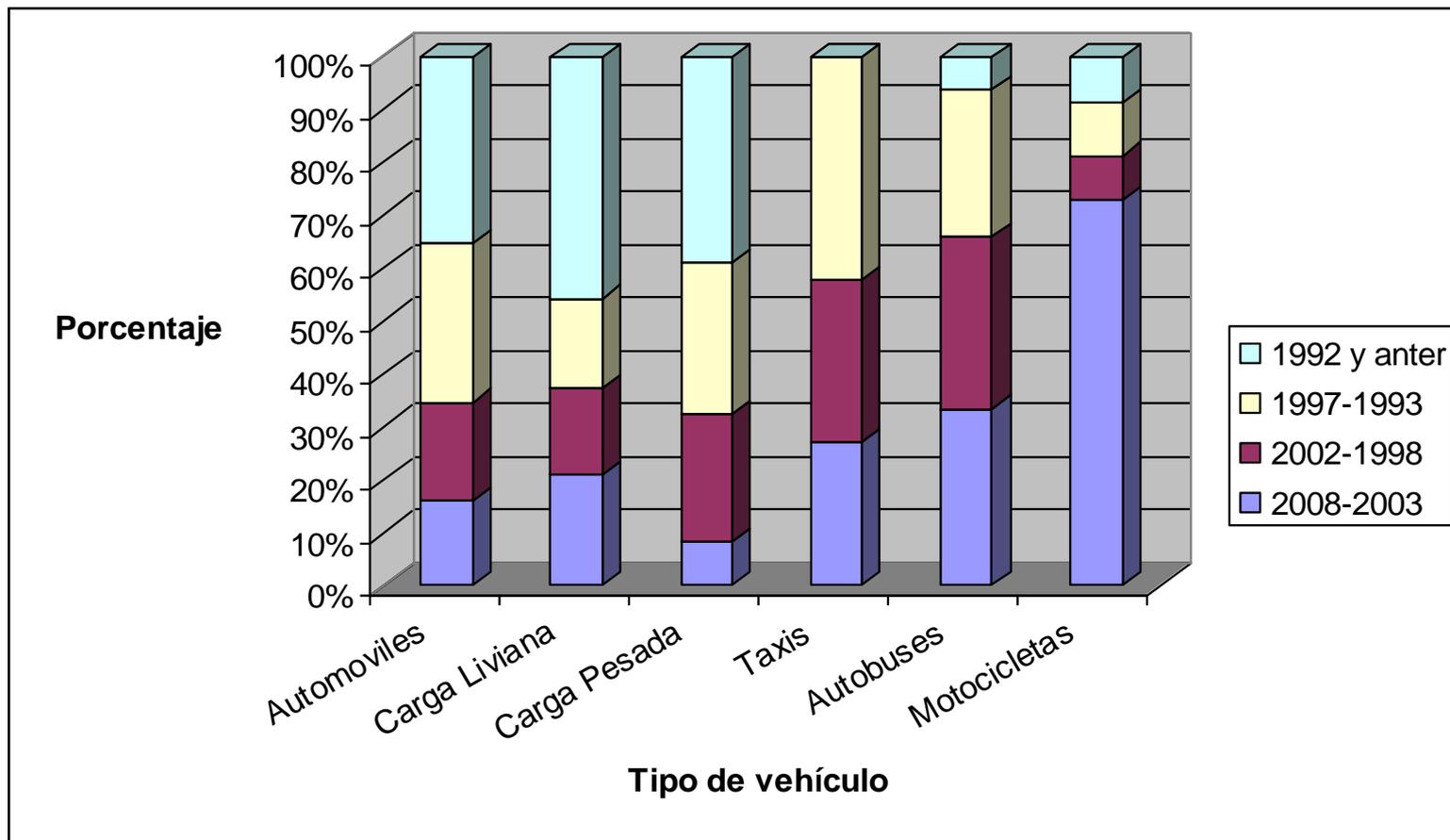


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# EMISIONES DE FUENTES MOVILES

## Distribución de la Flota Vehicular por edad, Año 2007



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



MINISTERIO DE AMBIENTE,  
ENERGÍA Y  
TELECOMUNICACIONES

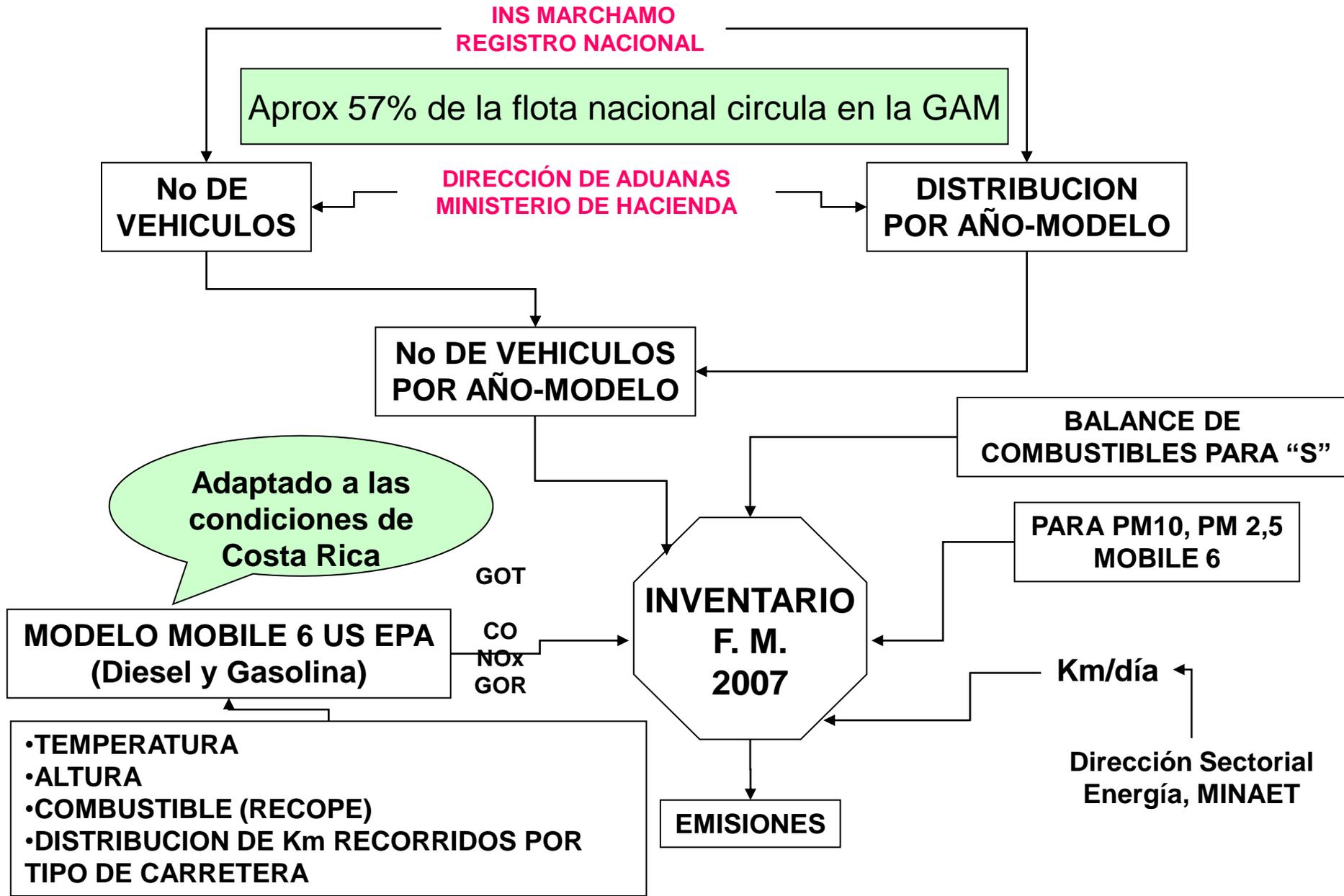


MUNICIPALIDAD  
DE SAN JOSÉ



UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones



# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones

Tipo de vehiculo	Tipo de combustible	Km recorridos por día	Km totales recorridos (millones de km)
Autos particulares	Gasolina	56,7	6435,5
	Diesel	58,7	13,36
Taxis	Gasolina	238,6	478,55
	Diesel	235,6	41,98
	Gas LP	158,1	2,45
Carga Liviana	Gasolina	74,7	229,72
	Diesel	80,9	1842,8
Carga Pesada	Diesel	107,1	648,96
Motocicletas	Gasolina	43,5	705,88
Autobuses	Diesel	118,0	304,59

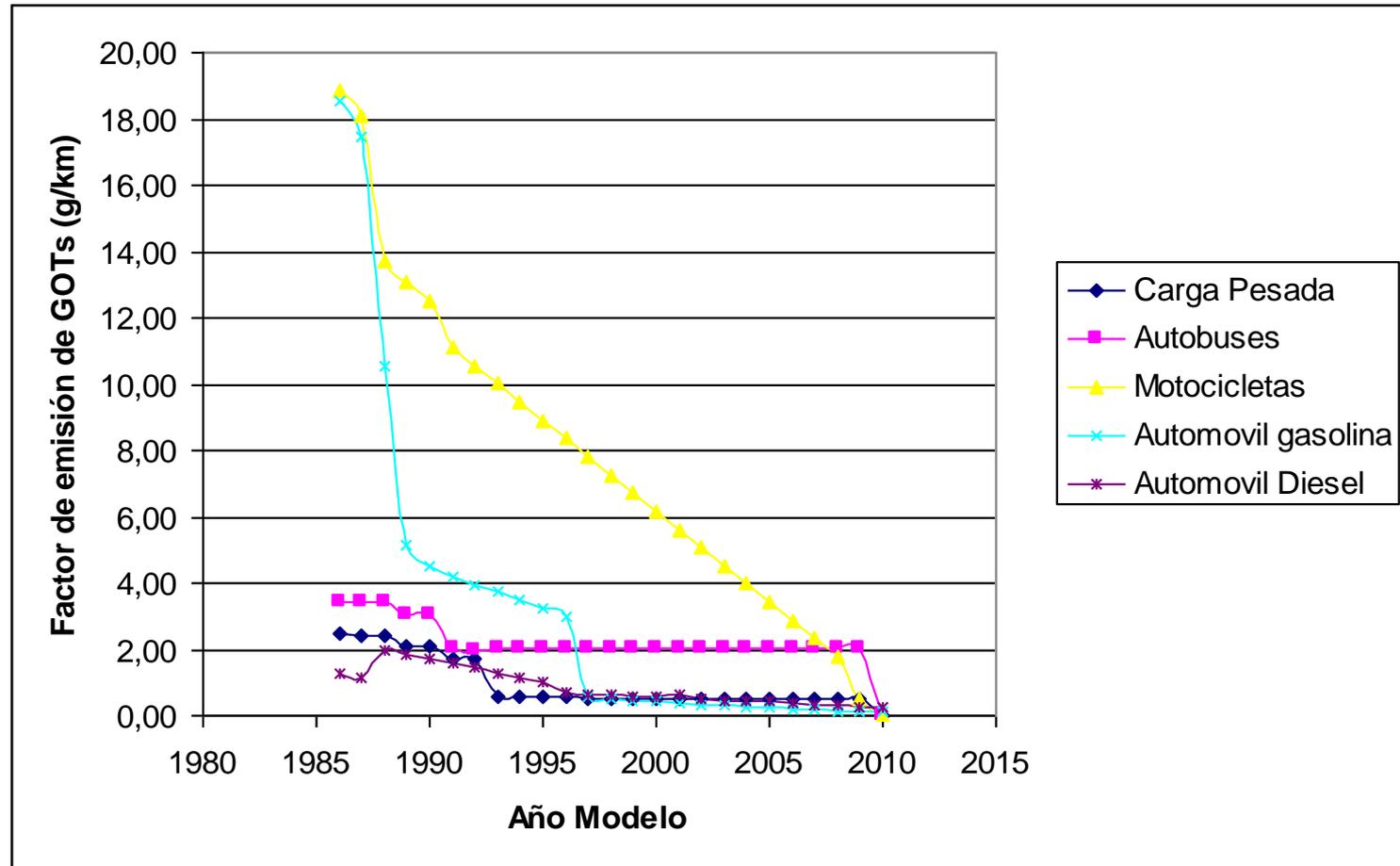
Unidades de Transporte Público recorren hasta un 400% más km que los vehículos individuales



ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



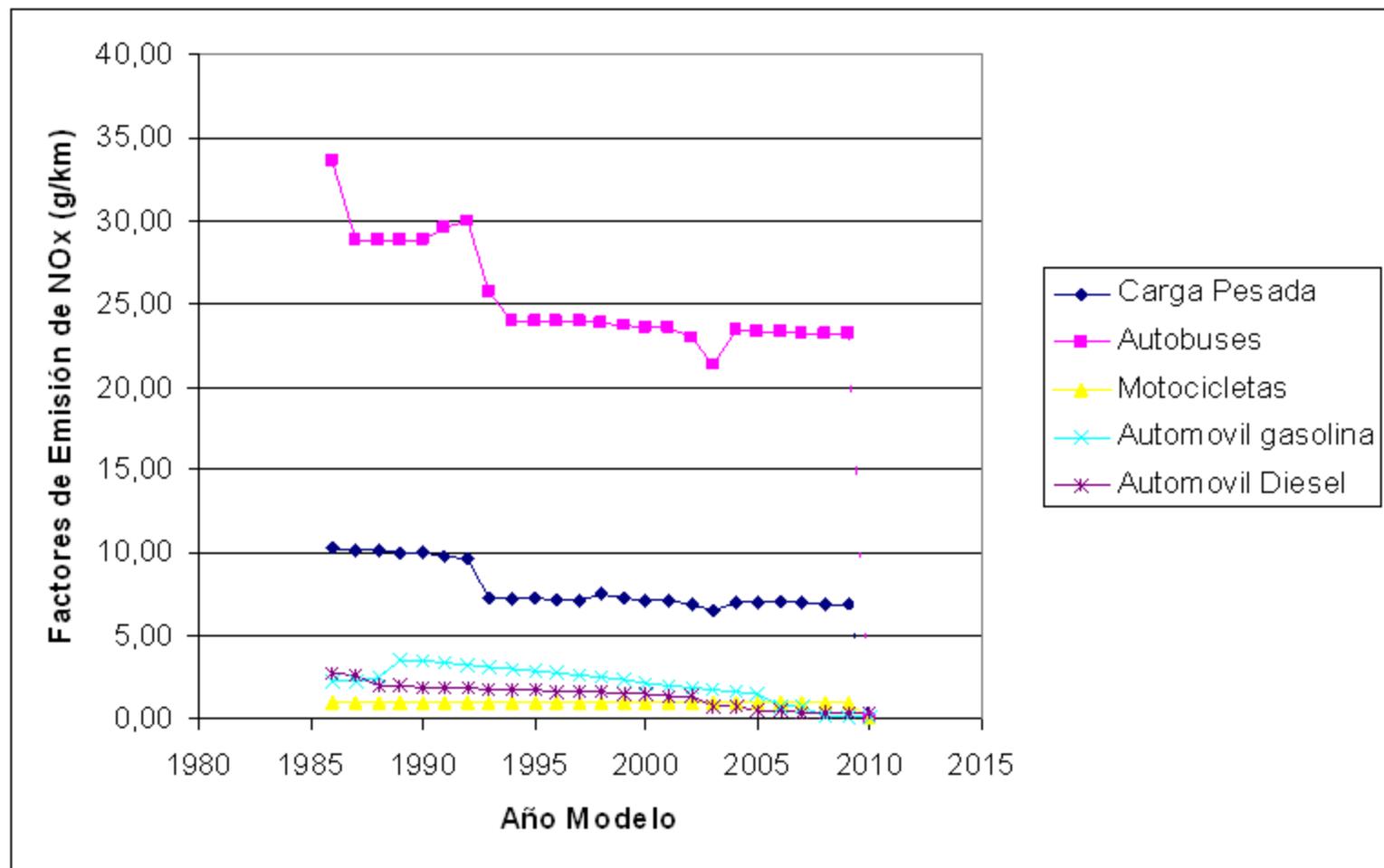
# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones



Vehículos con más años de antigüedad tienden a emitir más contaminantes

Vehículos que operan con gasolina emiten más GOT

# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



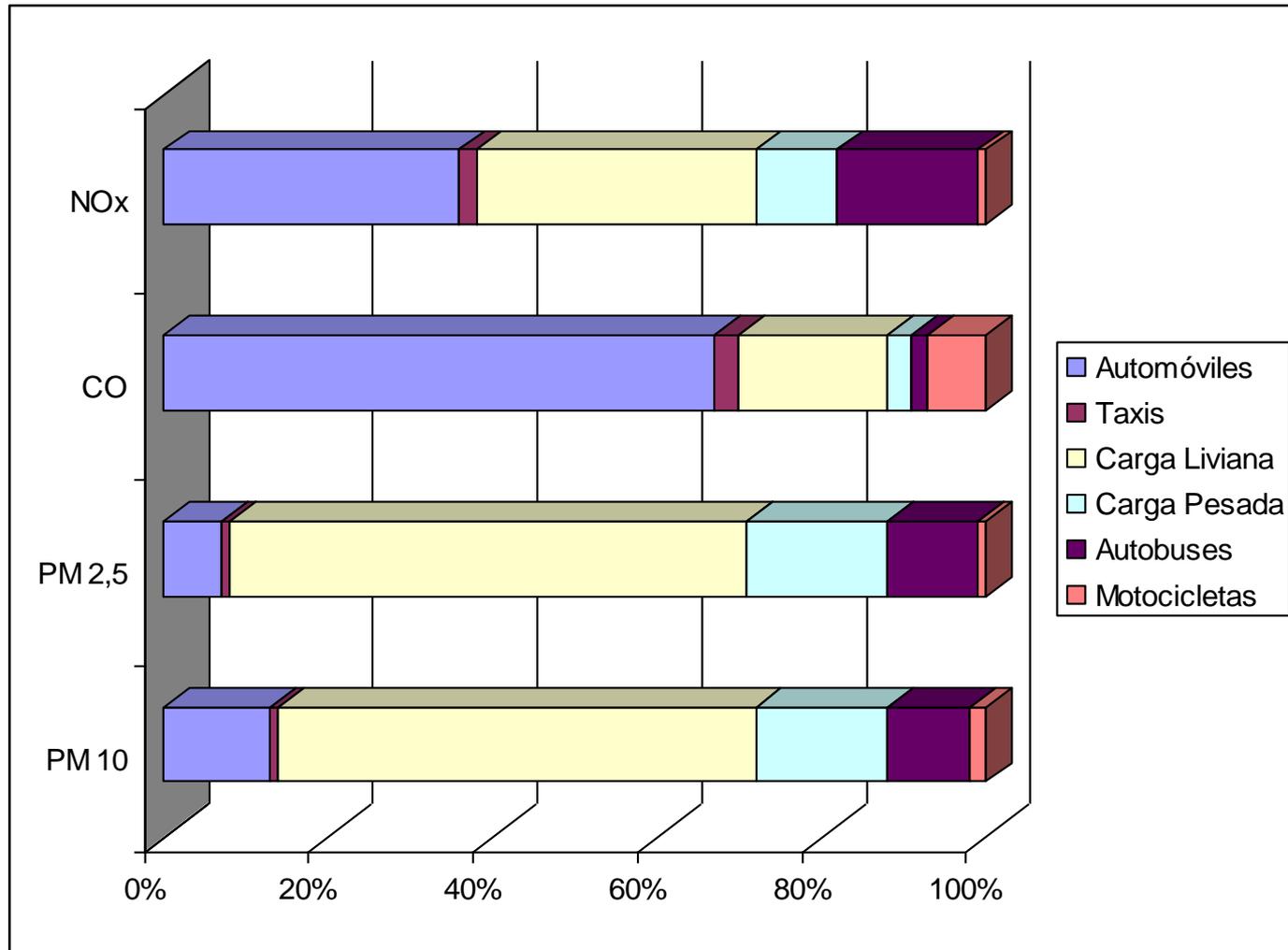
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones



Contribución por categoría de vehículo a las emisiones de los contaminantes criterio

# FUENTES MOVILES: Efecto de la velocidad de circulación

Tipo de Vehículo	Año Modelo	Factor de Emisión CO (g/km) 33 km/h	Factor de Emisión CO (g/Km) < 4 km/h
Autobuses	1990	18,8	107,4
	2006	6,8	39,2
Automóviles	1990	13,7	91,1
	2006	4,7	27,5
Motocicletas	1990	32,4	155,2
	2006	11,4	47,6



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



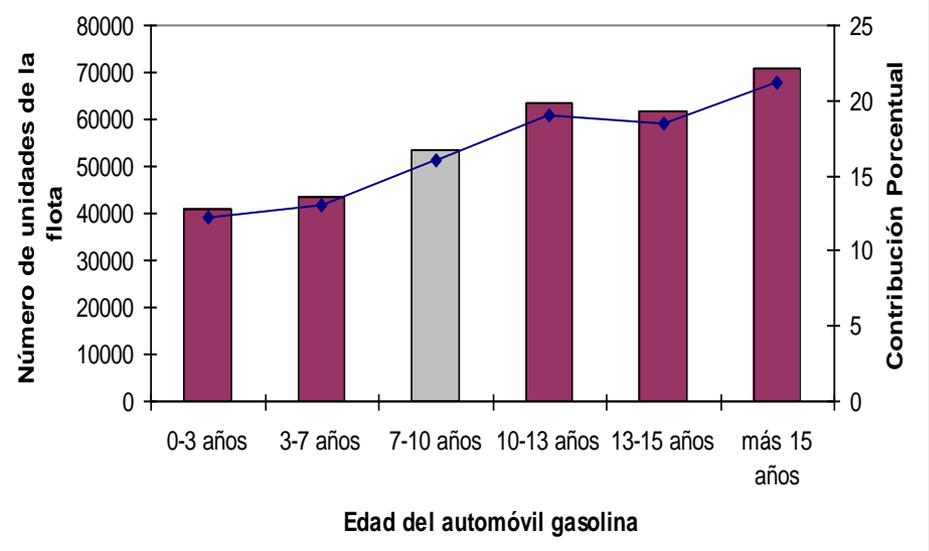
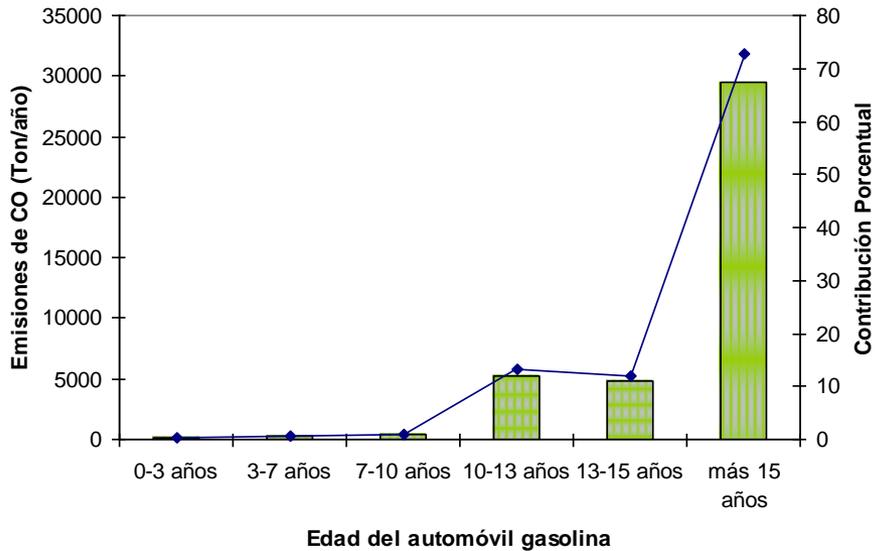
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



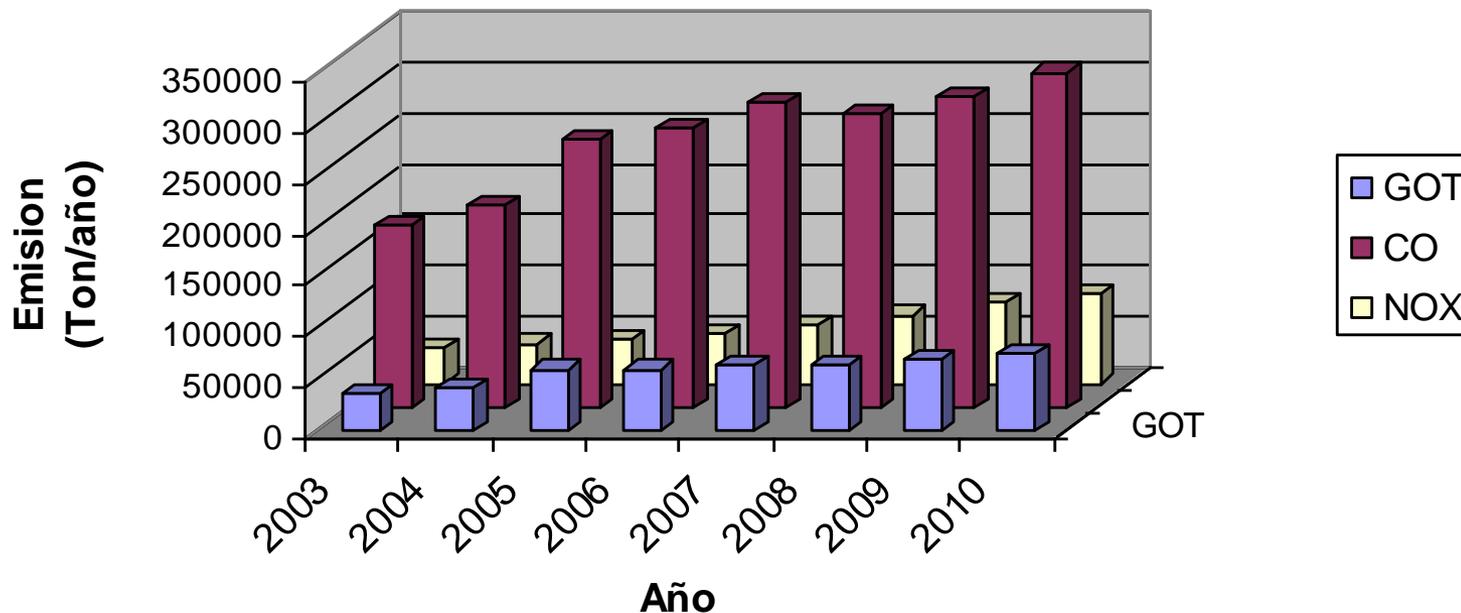
# FUENTES MOVILES: Estimación de emisiones



El 21% de la flota de vehículos particulares a gasolina genera el 72% de las emisiones de CO.

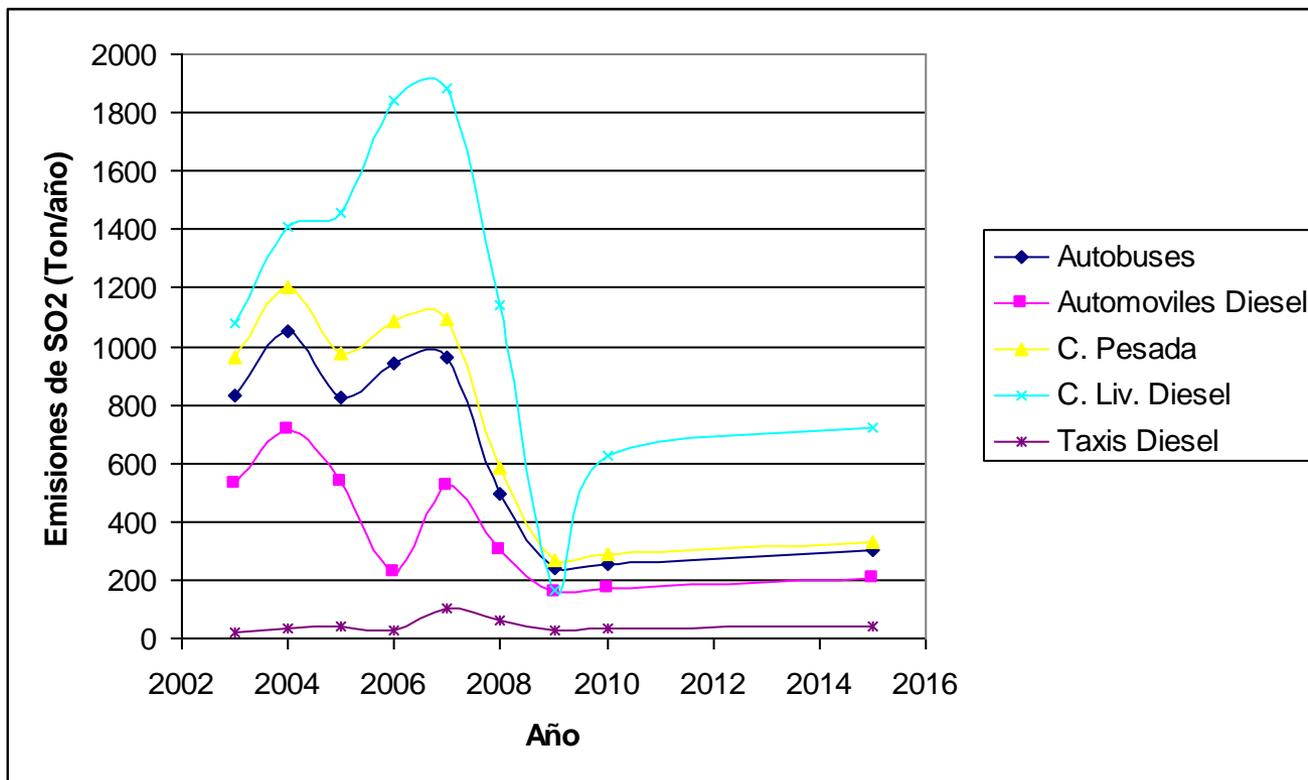
Las emisiones de los vehículos hasta 10 años de antigüedad no son significativas

# FUENTES MOVILES: Posibles estrategias de intervención



La tasa de crecimiento anual de las emisiones vehiculares de CO, GOT y NOx corresponden a 9,6%, 11,1% y 14,3% respectivamente, en el período 2003-2010.

# FUENTES MOVILES: Posibles estrategias de intervención



Variación anual de las emisiones de dióxido de azufre en 2003-2015



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



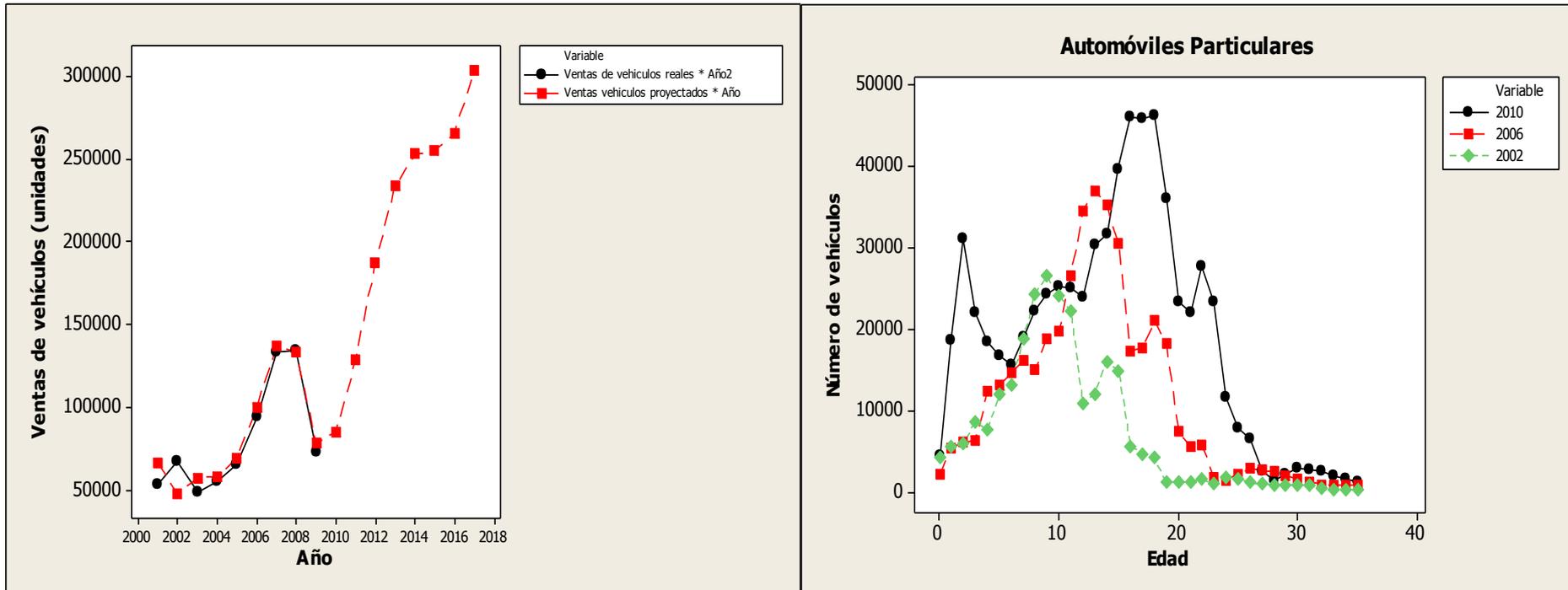
**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015



-A partir de los datos de población, PIB y tasa de inflación se puede obtener un modelo que estime las ventas anuales de vehículos por categorías.

-Se deben considerar, además, las curvas de retiro por cada tipo de vehículo

# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 1. Reducción del contenido de S en diesel de 400 a 100 ppm

***Emisiones de SO<sub>2</sub> (toneladas) generadas al 2015 bajo los dos escenarios planteados en materia de combustibles por las unidades de la flota que operan con diesel.***

	Autobuses	Taxis	Carga Pesada	Carga Liviana	Automóviles particulares	Total
<b>Diesel con S 400 ppm</b>	<b>301</b>	<b>43</b>	<b>332</b>	<b>723</b>	<b>204</b>	<b>1603</b>
<b>Diesel con S 100 ppm</b>	<b>76</b>	<b>11</b>	<b>83</b>	<b>181</b>	<b>51</b>	<b>402</b>

**REDUCCION DE 1201 Ton de SO<sub>2</sub>**



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



MUNICIPALIDAD  
DE SAN JOSÉ



UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 2. Reemplazo del 100% de unidades de autobuses y taxis con edades superiores a los 15 años para el 2015

Se propone la sustitución de 7015 unidades de autobuses (104 que operan con gasolina y 6911 con diesel) y 6696 taxis (6137 que operan con gasolina y 559 con diesel) que posean una edad promedio mayor o igual a 15 años para el 2015.

	<b>GOT (Ton/año)</b>	<b>CO (Ton/año)</b>	<b>NOx (Ton/año)</b>
2015 sin sustitución	4848	16104	23249
2015 con sustitución 100% en 2015	1946	9243	13732
2015 con sustitución en el período 2013-2015	2361	10736	18397

Reducción  
n 19280  
ton



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 3. Aplicación de medidas de restricción vehicular de un día por semana de acuerdo con el número de placa del vehículo.

Tipo de Vehículo	GOT (Ton/año)			CO (Ton/año)			NOx (Ton/año)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Autobuses	1431	1515	1669	5125	5417	5977	17115	18091	19959
Taxis	2726	2754	3179	8684	8840	10127	2880	2965	3290
Carga Liviana	6580	6714	10561	78056	79462	91019	22043	23262	25703
Carga Pesada	1280	1299	1493	6825	6975	7961	10989	11240	12815
Autos Part.	54495	54695	61773	148741	152396	163037	45966	47947	48186
Motos	13306	14664	15516	50214	55839	55841	2339	2645	2728
Reducción	<b>14373</b>	<b>12550</b>	-	<b>36317</b>	<b>25033</b>	-	<b>11349</b>	<b>6531</b>	-

**Escenario 1: restricción de un día a todas las unidades de la flota**

**Escenario 2: restricción de un día solo a unidades con edad mayor a 10 años**

**Escenario 3: sin restricción vehicular**

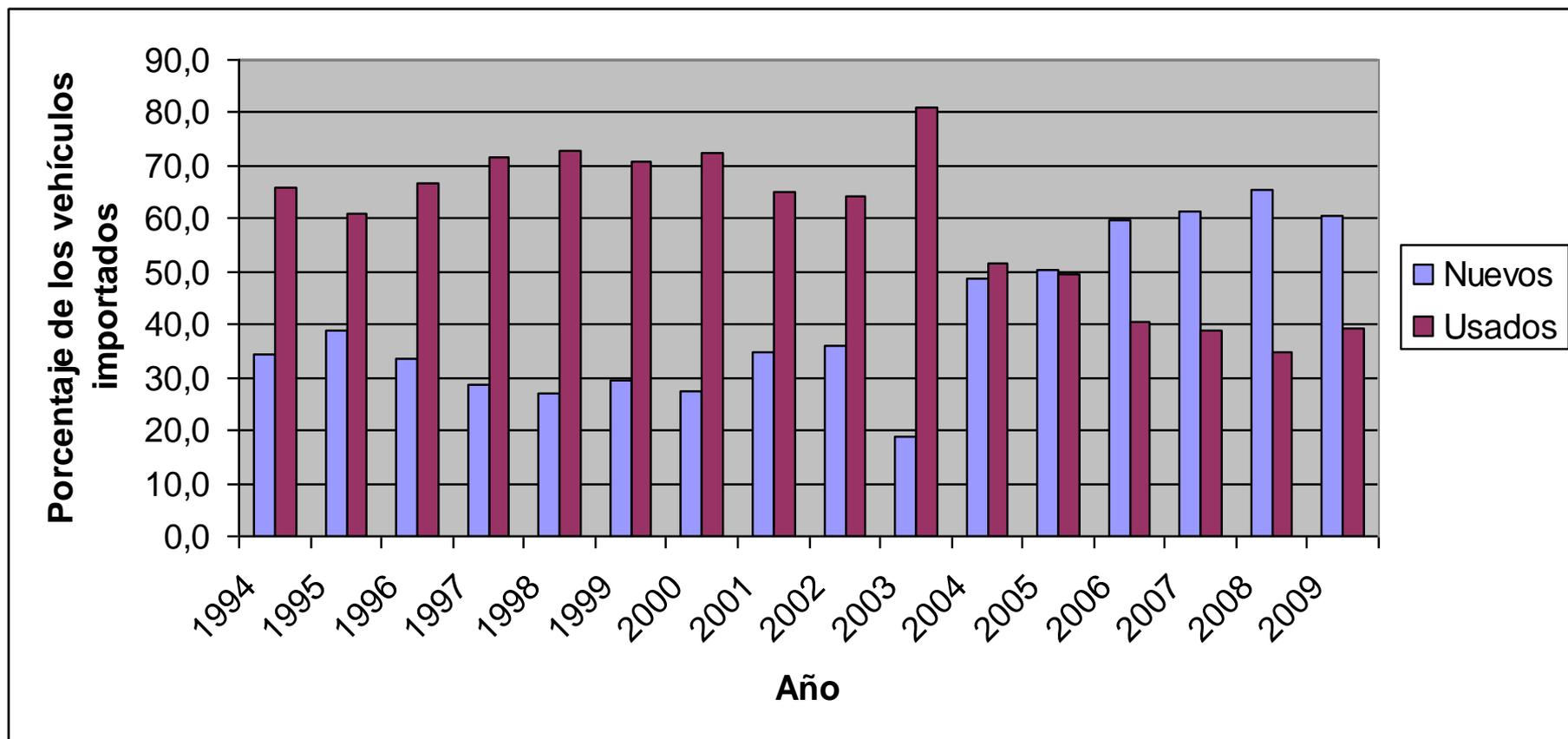


ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

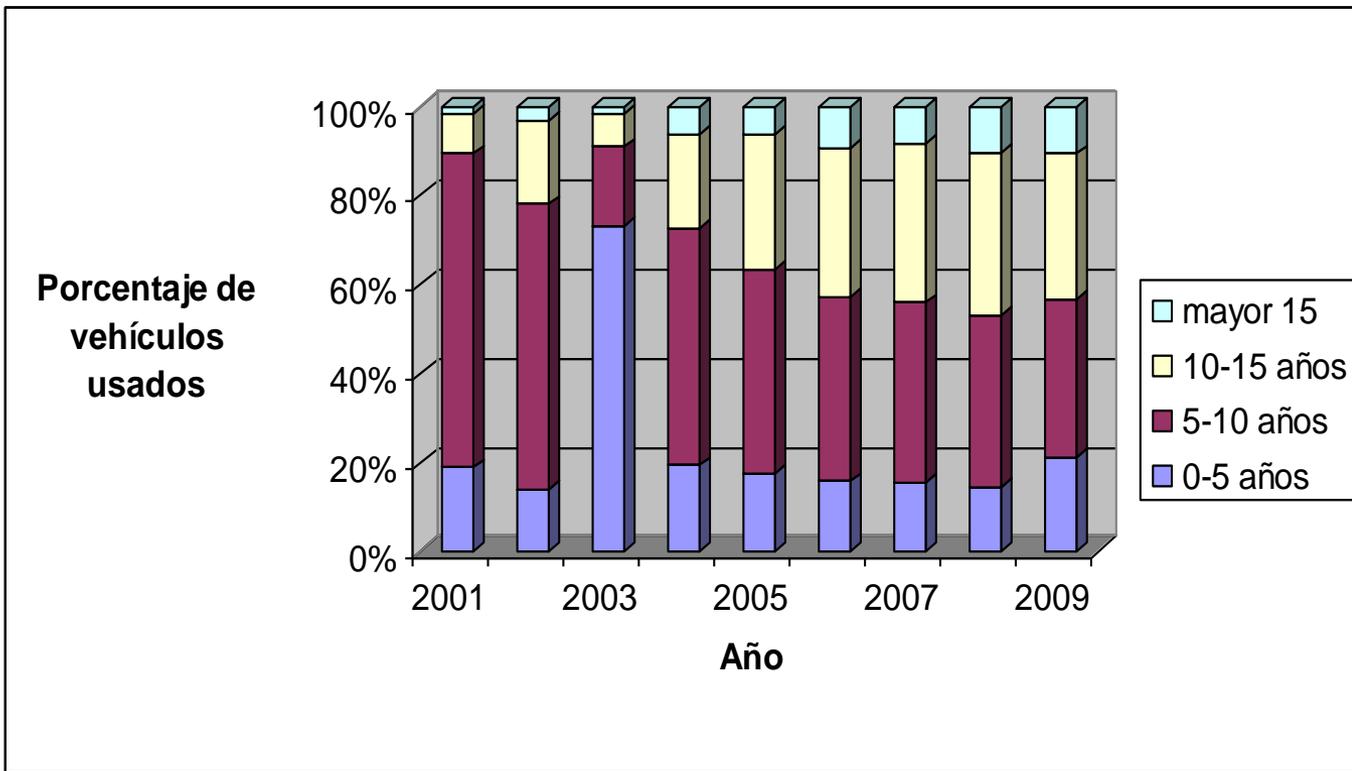
## 4. Regulación a las importaciones de vehículos usados



# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 4. Regulación a las importaciones de vehículos usados

¿Qué modelos de vehículos usados se están importando en Costa Rica?



# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 4. Regulación a las importaciones de vehículos usados

**Emisiones de contaminantes (toneladas/año) generadas al año 2015 bajo distintos escenarios de regulación de las importaciones de vehículos usados.**

	GOT	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
Sin regulación a las importaciones	94191	336676	112681	1767	1784
Edad máxima de ingreso 5 años	91751	329104	108948	1762	1763
Edad máxima de ingreso 10 años	93148	331382	110971	1765	1776

13771 Ton

8057 Ton

# Evaluación de medidas para reducir emisiones de fuentes móviles 2010-2015

## 5. Renovación del 50% de la flota de Transporte Público

Autobuses: EURO IV    Taxis: TIER-02

Categorías		GOT	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Autobuses	50% operando con GLP	1097	3221	10266	142	76
	50% unidades alta eficiencia	1330	4864	9402	153	84
	Sin sustitución	1669	5977	19959	301	194
Taxis Gasolina	50% operando con GLP	367	2420	938	2	6
	50% unidades TIER-2	240	3939	637	5	10
	Sin sustitución	2901	9909	2739	6	17



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

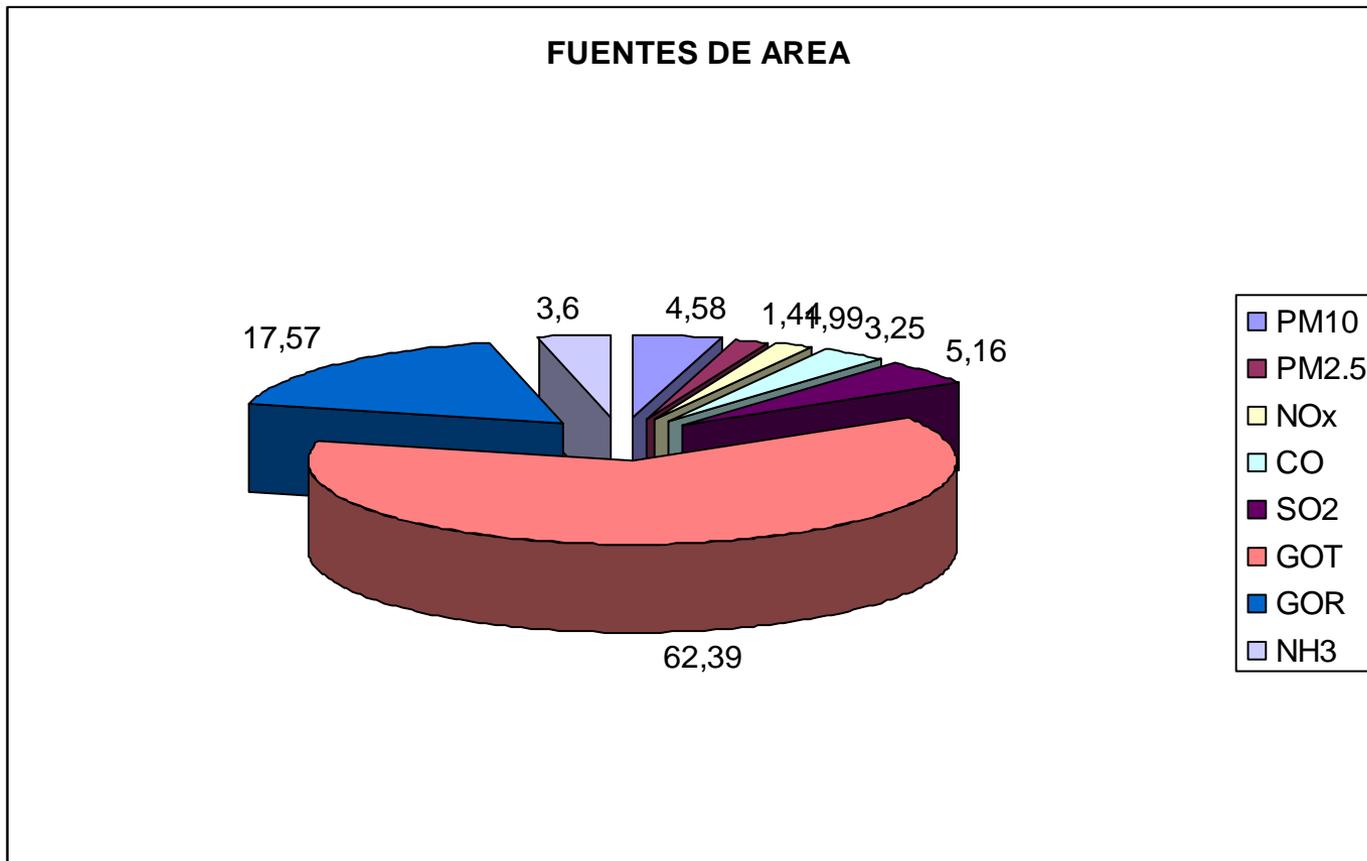


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

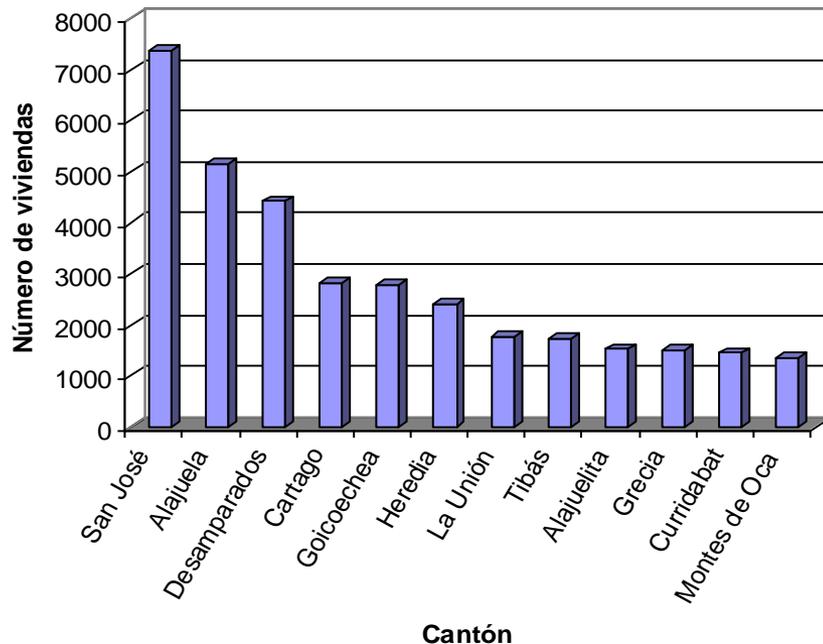
# FUENTES DE AREA



**Distribución de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007**



# Fuentes de área: Quema de Basura a cielo abierto



- Se considera un promedio de 4,1 hab/casa (INEC, 2010)
- Cada habitante genera en promedio 0,945 kg/h x día (Estado Nación, 2008)
- 61,56% del total de los residuos son combustibles (García, 2001)

CO	NOx	SOx	PM10	PM2.5	GOR	GOT
Ton/año						
1807,2	127,6	21,3	807,9	739,9	637,8	1010,3
1,4%	0,3%		11,8%	28,4%	3,9%	

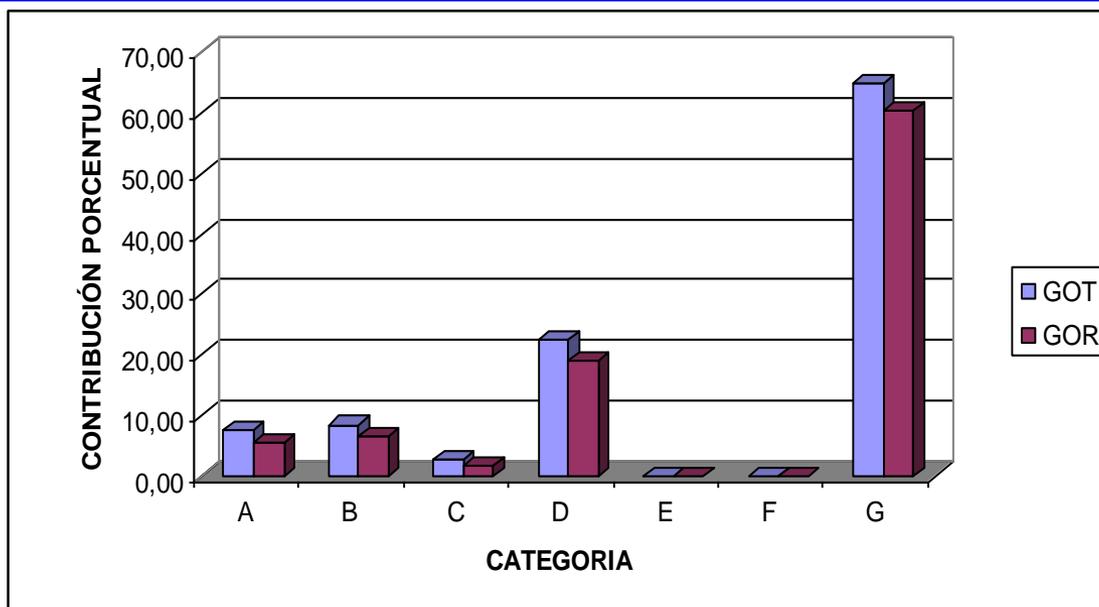


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Fuentes de área: Uso de disolventes

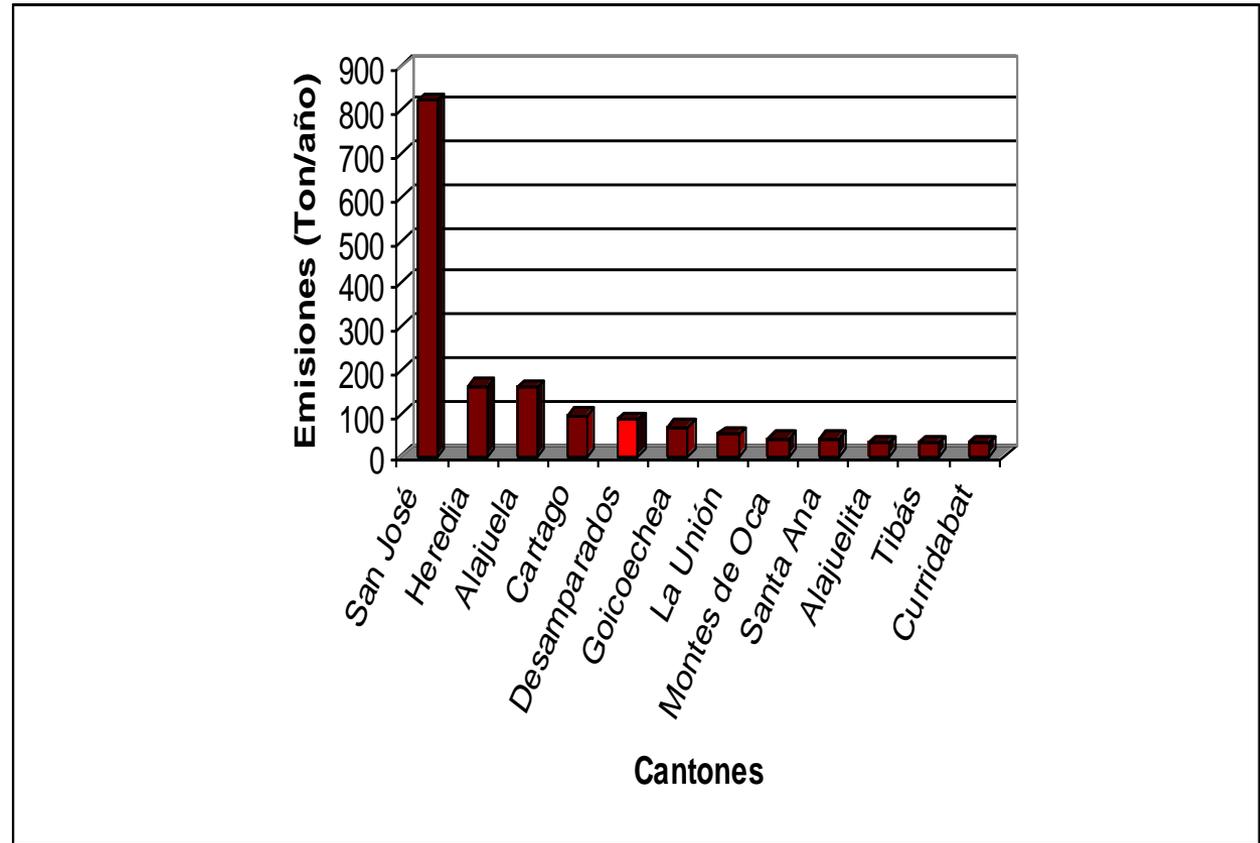
	CATEGORIA DE EMISIÓN	GOT	GOR
A	Artes Gráficas	7,65	5,65
B	Lavandería en Seco	8,48	6,66
C	Pintado de carrocerías	2,62	1,98
D	Pintado de superficies arquitectónicas	22,62	19,21
E	Vialidades demarcadas	0,01	0,00
F	Señales de Tránsito	0,00	0,00
G	Uso doméstico de solventes	64,68	60,44



Actividad	Factor de emisión GOT* (kg/hab)
Productos en aerosol	0,067
Productos domésticos	0,520
Productos de cuidado personal	1,520
Productos de cuidado automotor	0,880
Adhesivos y selladores	0,380
Pesticidas comerciales	1,174

# Fuentes de área: Paradas de autobuses

Cantón	SAN JOSE	
Año	Unidades	Frecuencia de viaje
1991	4	1329
1992	2	12142
1993	5	19269
1994	32	75429
1995	46	124313
1996	28	92734
1997	51	194050
1998	44	110553
1999	106	338865
2000	197	715330
2001	194	532100
2002	218	674251
2003	232	578183
2004	117	393754
2005	261	849446
2006	195	530138
2007	358	694497
<b>Total</b>	<b>2093</b>	<b>6252164</b>



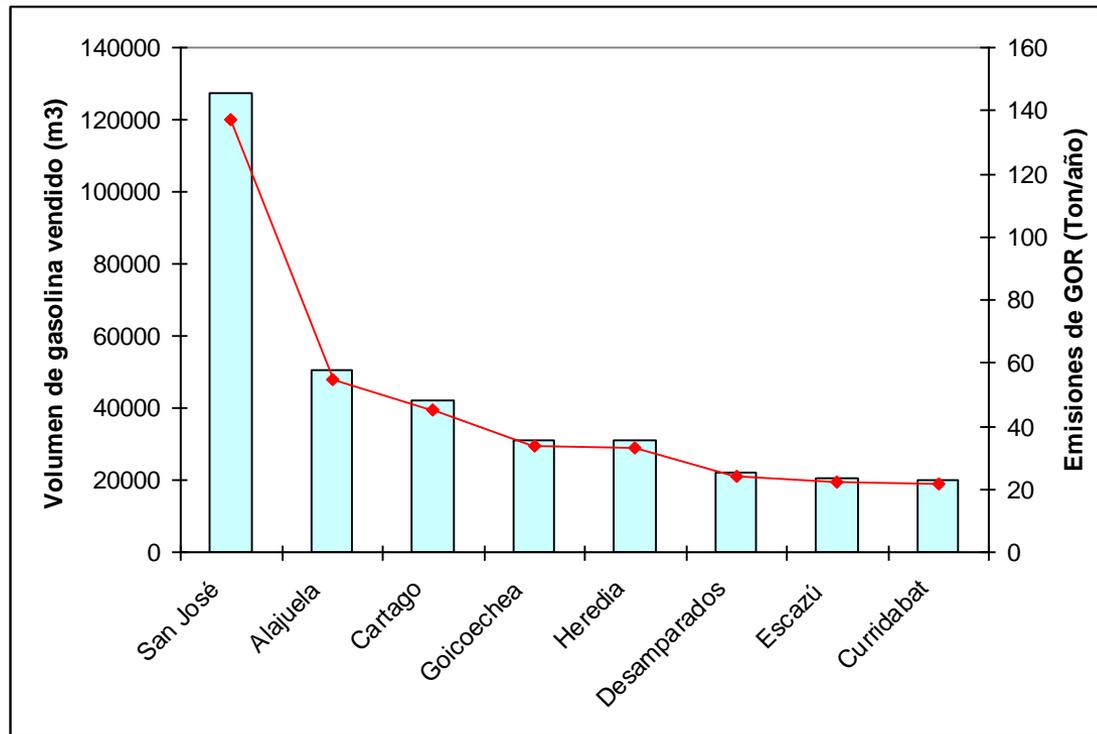
CO ton/año	NOx ton/año	PM <sub>10</sub> ton/año	PM <sub>2,5</sub> Ton/año	GOR ton/año	SO2 ton/año
479,9	881,7	2,27	2,04	106	265,7



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Fuentes de área: Distribución de Combustible

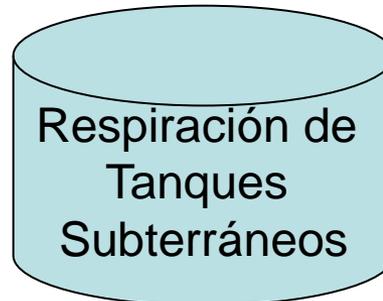


62,6 Ton GOR

563,4 Ton GOR

0,06 Ton GOR

546,2 Ton GOR



# Fuentes de área: Rellenos Sanitarios

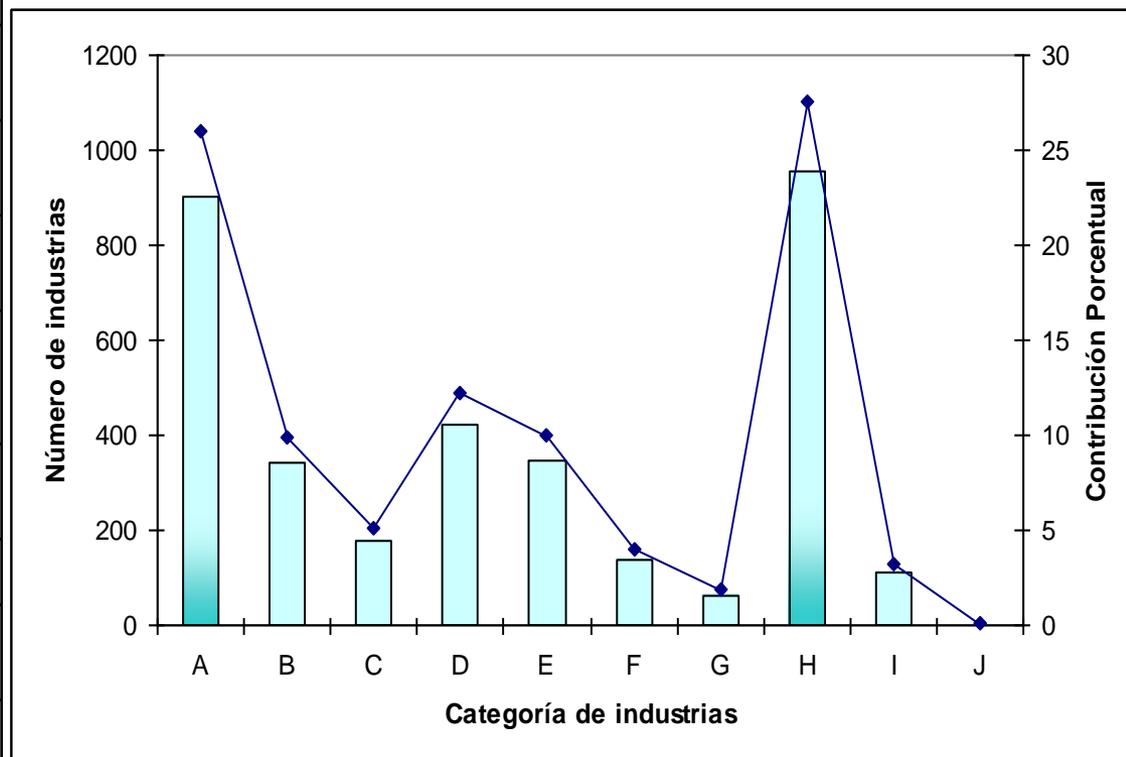
$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left( \frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

Relleno Sanitario	CO (ton/año)	GOT (ton/año)	GOR (ton/año)
<b>Los Mangos</b>	<b>4,5</b>	<b>9666,4</b>	<b>398,4</b>
<b>Los Pinos</b>	<b>0,69</b>	<b>1448,7</b>	<b>39,8</b>
<b>EBI La Uruca</b>	<b>3,40</b>	<b>7244,5</b>	<b>298,5</b>
<b>Río Azul</b>	<b>11,6</b>	<b>24698</b>	<b>1018</b>
<b>Total</b>	<b>20,2</b>	<b>43057,6</b>	<b>1754,7</b>



# FUENTES FIJAS: Categorías a ser consideradas

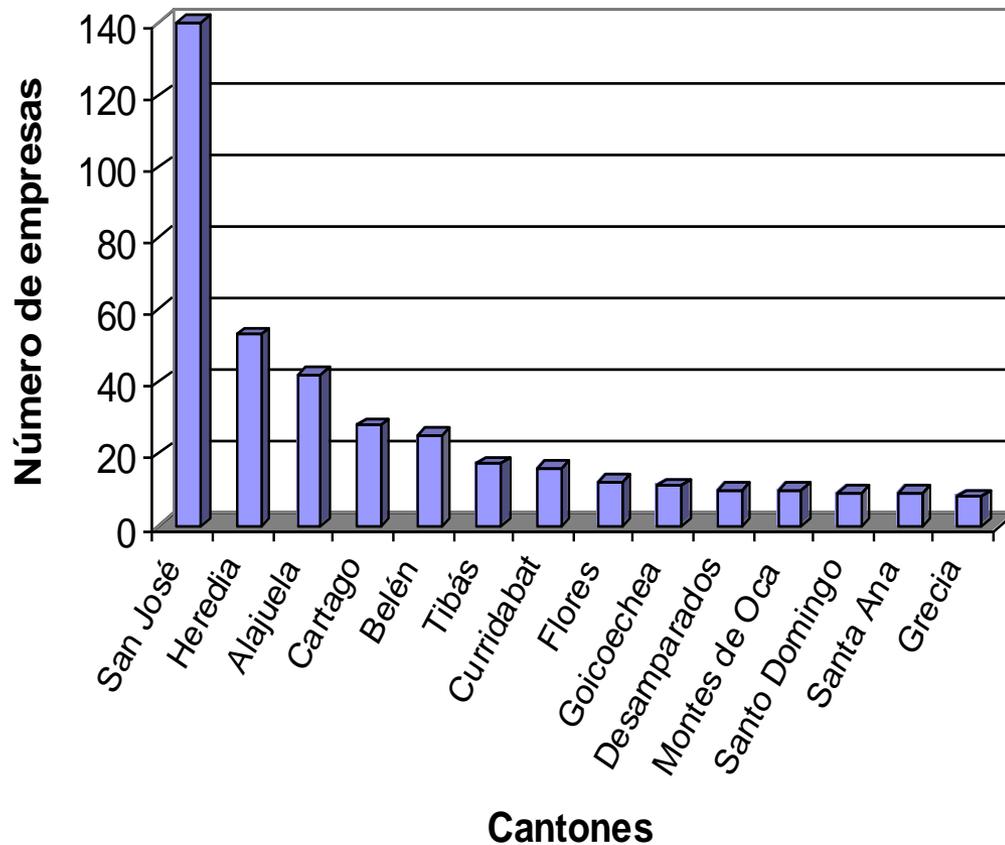
	Sector Industrial	Empresas
A	Productos alimenticios bebidas y tabaco	901
B	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	343
C	Industria de la madera y productos de madera	179
D	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	422
E	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo	348
F	Productos minerales no metálicos	139
G	Industrias metálicas básicas	64
H	Productos metálicos, maquinaria y equipos	955
I	Otras industrias manufactureras	112
J	Generación Eléctrica	2
	<b>Total</b>	<b>3465</b>



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones

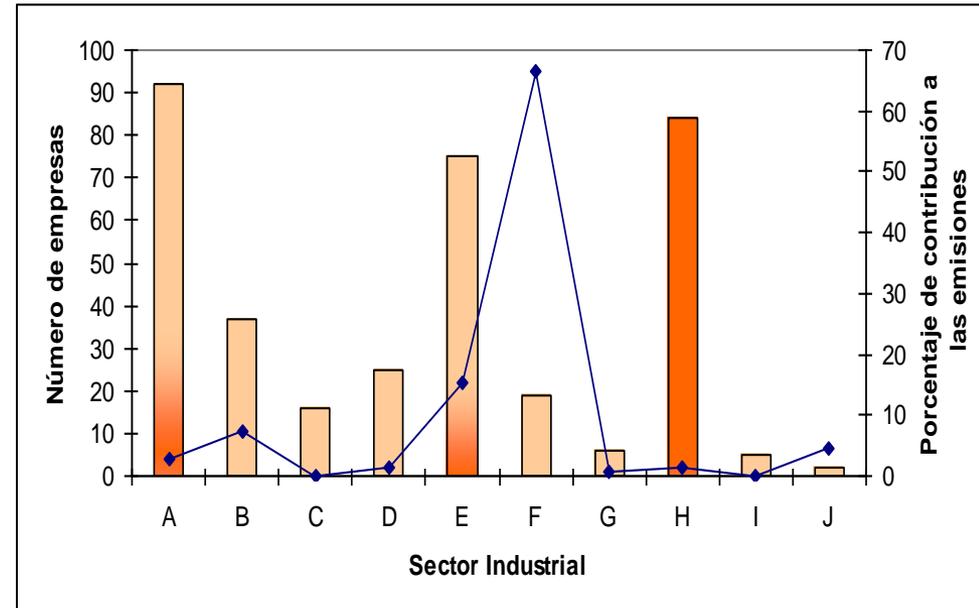


# FUENTES FIJAS: Distribución geográfica



# FUENTES FIJAS: Contribución de cada sector

	Sector Industrial	Núm	Emisión /Ton
A	Productos alimenticios bebidas y tabaco	63	2116
B	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	59	5806
C	Industria de la madera y productos de madera	33	81
D	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	22	1141
E	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo	43	11905
F	Productos minerales no metálicos	9	52093
G	Industrias metálicas básicas	12	553
H	Productos metálicos, maquinaria y equipos	870	1024
I	Otras industrias manufactureras	0	17
J	Generación Eléctrica	0	3620



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

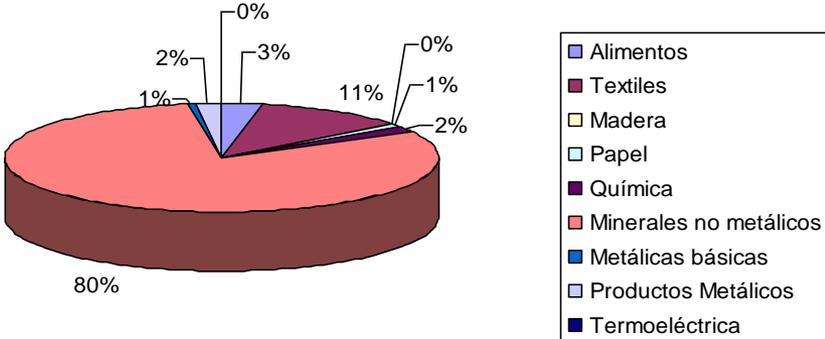


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones

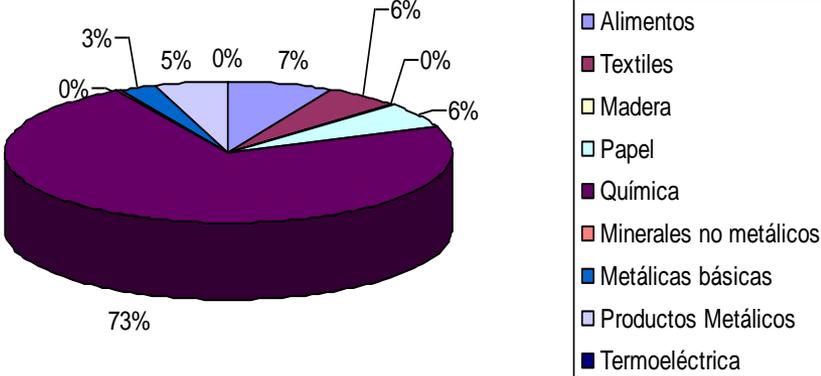


# FUENTES FIJAS: Contribución de cada sector

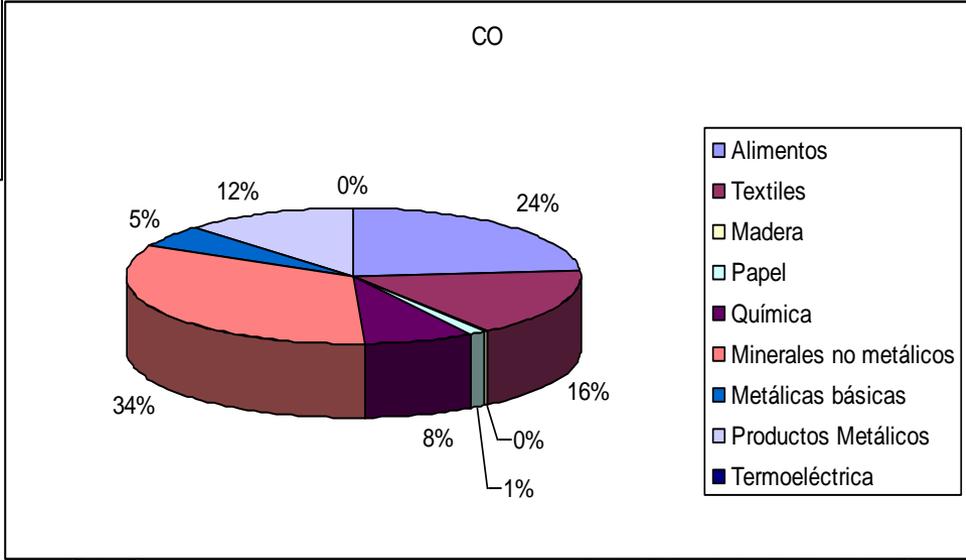
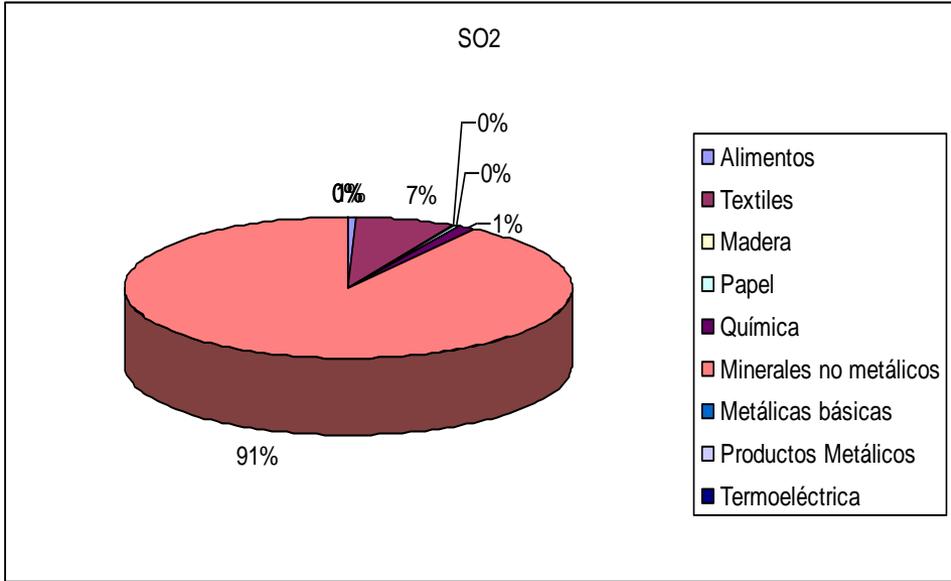
NOx



GOR



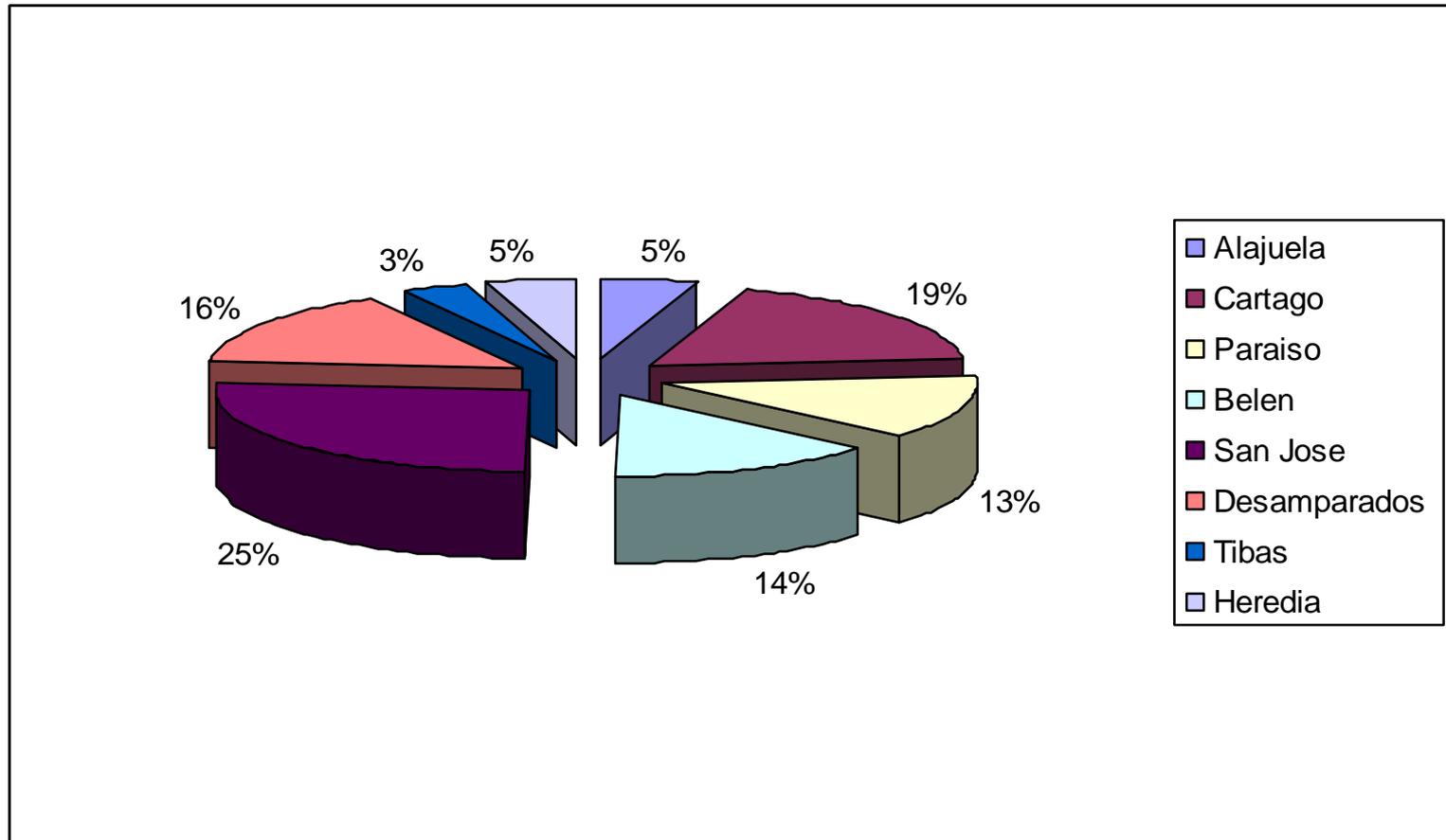
# FUENTES FIJAS: Contribución de cada sector



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# FUENTES FIJAS



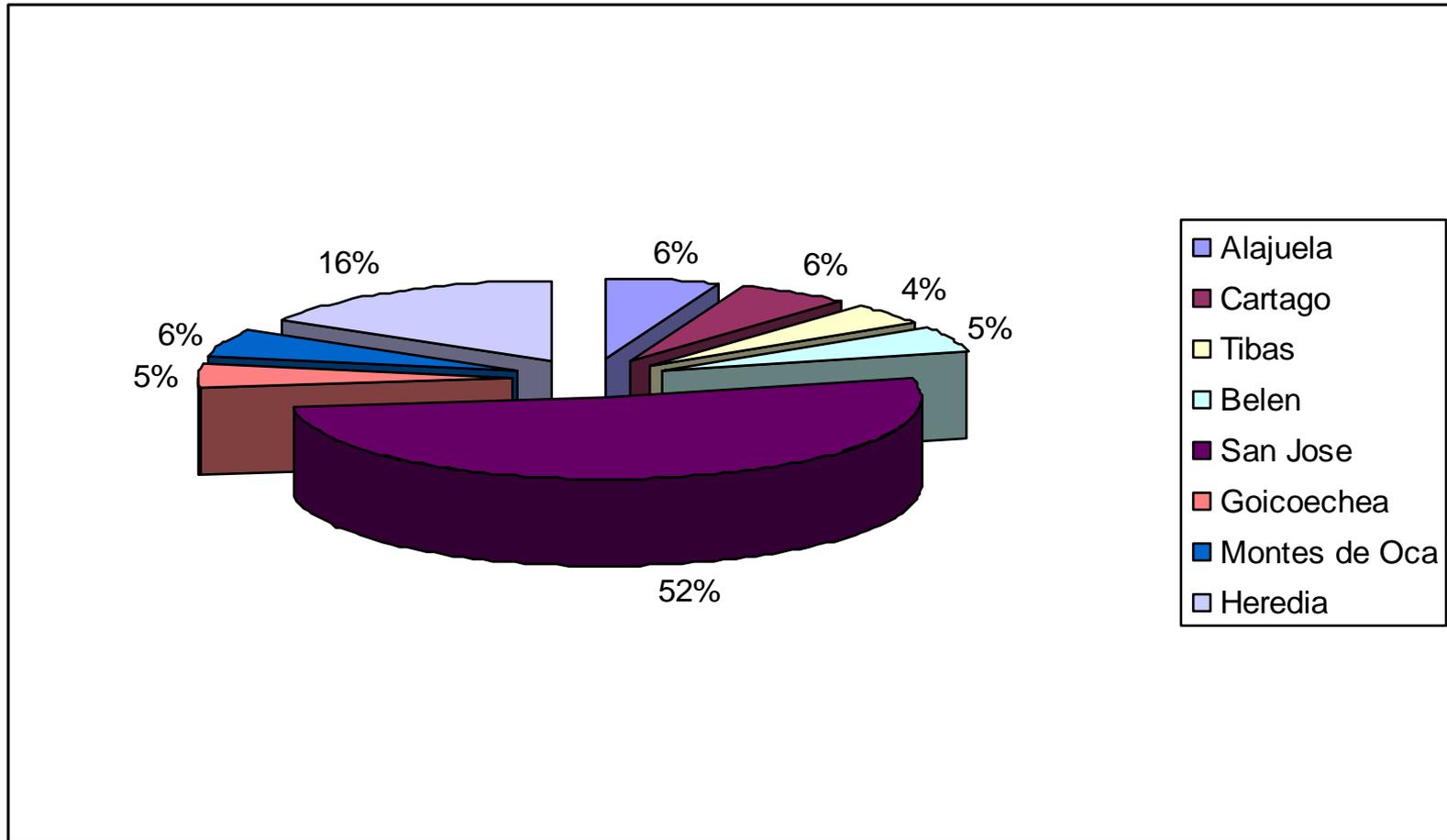
**Contribución porcentual a las emisiones de SO<sub>2</sub> por fuentes fijas generadas en los municipios de la GAM, 2007**



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# FUENTES FIJAS



**Contribución porcentual a las emisiones de GOR por fuentes fijas generadas en los municipios de la GAM, 2007**



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# FUENTES NATURALES

## Uso de suelo en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007

Uso de la Tierra	Superficie (%)
Viveros	1,02
Charral y Tacotal	4,21
Hortícola	2,47
Caña	2,56
Pastos con árboles	11,53
Área Urbana	14,22
Bosque denso	12,61
Pastos	8,64
Bosque menos denso	15,57
Café	21,64
Plantaciones Forestales	0,25
Otros usos	1,27
Sin información	4,01



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**mopt**  
Ministerio  
Obras Públicas y Transportes



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# FUENTES NATURALES

1. Uso de suelo. Se definió el área de estudio o dominio en Km<sup>2</sup> y se clasificó el uso del suelo en: *forestal, urbano, agrícola y otros*.
2. Meteorología. Se utilizaron datos horarios de temperatura y radiación (PAR: Photosynthetically Active Radiation) del día representativo de cada temporada climatológica del Área Metropolitana de Costa Rica.
3. Factores de emisión. Se utilizaron los factores por especie vegetal, provenientes del GloBEIS.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones

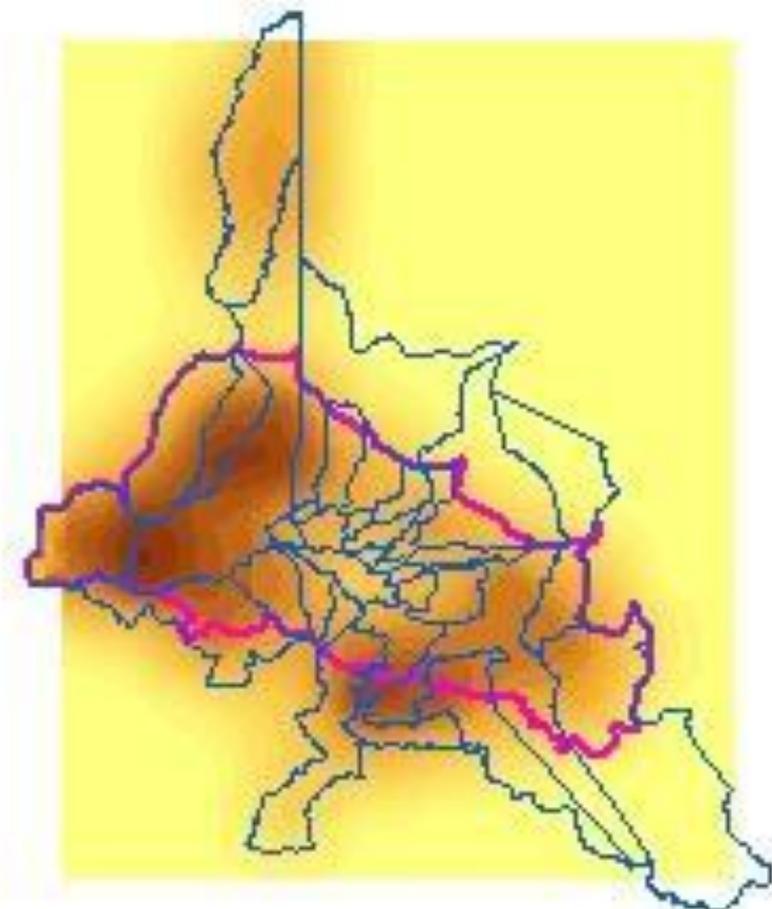


**mopt**  
Ministerio  
Obras Públicas y Transportes



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# FUENTES NATURALES



## Leyenda

 Límite cantonal

## DESCRIPCIÓN

**Emisiones Biogénicas\_NO  
(ton/año)**

### Filled Contours

	0 - 19,767.3661
	19,767.3661 - 39,534.7322
	39,534.7322 - 59,302.0983
	59,302.0983 - 79,069.4644
	79,069.4644 - 98,836.8305
	98,836.8305 - 118,604.197
	118,604.197 - 138,371.563
	138,371.563 - 158,138.929
	158,138.929 - 177,906.295
	177,906.295 - 197,673.661
	197,673.661 - 217,441.027
	217,441.027 - 237,208.393
	237,208.393 - 256,975.759
	256,975.759 - 276,743.125
	276,743.125 - 296,510.491
	296,510.491 - 316,277.858
	316,277.858 - 336,045.224
	336,045.224 - 355,812.59
	355,812.59 - 375,579.956
	375,579.956 - 395,347.322

Emisiones naturales de NOx



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

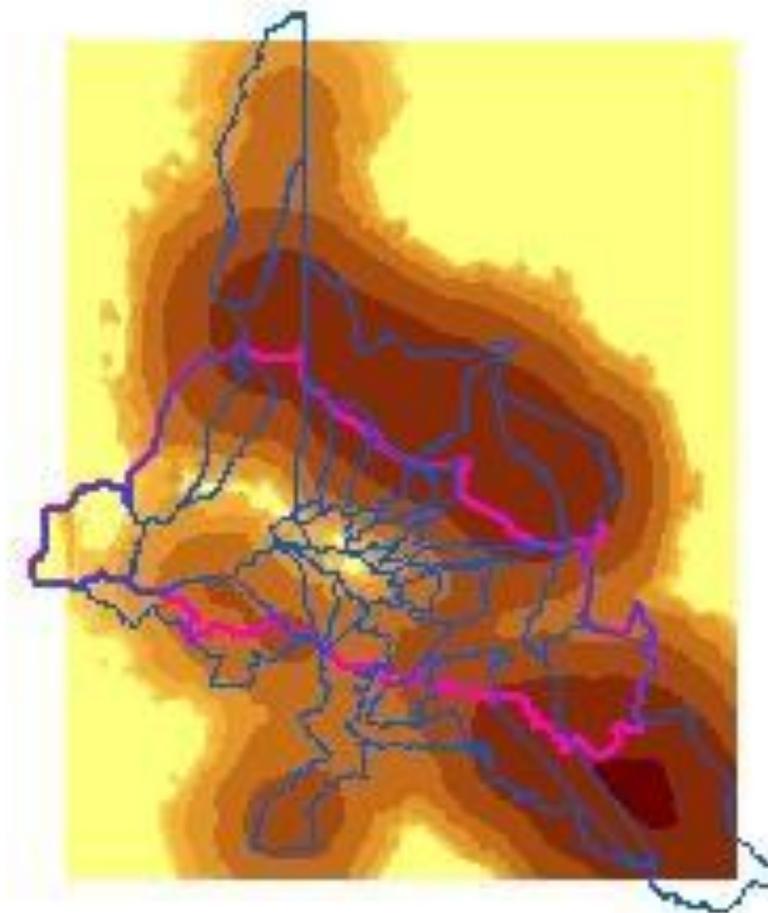


Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

# FUENTES NATURALES



## Leyenda

 LÍMITE CANTONAL

### DESCRIPCIÓN

Emisiones Biogénicas\_TERP

(Ton/año)

### Filled Contours

	0 - 4.97281353
	4.97281353 - 19.9018827
	19.9018827 - 64.7209986
	64.7209986 - 199.27414
	199.27414 - 603.221149
	603.221149 - 1,815.92555
	1,815.92555 - 5,456.6307
	5,456.6307 - 16,386.5276
	16,386.5276 - 49,199.579
	49,199.579 - 60,129.4758

## Distribución espacial de emisiones biogénicas de Terpenos



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



# Inventario de emisiones: Incertidumbre

La incertidumbre es el rango de valor de confianza de una medida, en ella se incluyen los errores sistemáticos y aleatorios proveniente de todas las fuentes incluidas en el inventario de emisiones

Sector	Incertidumbre (%)					
	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
<b>FUENTES PUNTUALES</b>		<b>0,08</b>	<b>4,9</b>	<b>0,534</b>	<b>0,518</b>	<b>0,16</b>
<b>FUENTES MOVILES</b>	<b>9,78</b>	<b>11,89</b>	<b>1,56</b>	<b>4,92</b>	<b>9,3</b>	<b>11,5</b>
<b>FUENTES DE AREA</b>				<b>11,60</b>	<b>5,26</b>	<b>1,13</b>
<b>INCERTIDUMBRE TOTAL</b>	<b>14,78</b>	<b>5,7</b>	<b>1,5</b>	<b>4,2</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Conclusiones

1. El aporte de las fuentes de emisión depende fuertemente del contaminante criterio en estudio.
2. Las fuentes naturales son las principales generadoras de emisiones de NO<sub>x</sub> y GOR. Sin embargo, la falta de información sobre factores de emisión para especies forestales en zonas tropicales entre otros factores hacen que generalmente se sobreestimen las emisiones de estas fuentes.
3. Luego de las fuentes naturales, las fuentes móviles en especial los autos particulares, los vehículos de carga liviana y los autobuses son los principales emisores de NO<sub>x</sub>, seguidas de las fuentes fijas. En conjunto, estas cuatro categorías de fuentes producen alrededor de 84,9 por ciento de las emisiones totales de NO<sub>x</sub>.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Conclusiones

- Después de las fuentes naturales, la utilización de solventes, los vehículos automotores que circulan por carreteras y la distribución de combustibles (gasolina y gas LP) son los principales responsables de las emisiones de GOR.
- Las emisiones de CO provienen principalmente de los vehículos automotores: más de 96,7 por ciento del total del inventario para este contaminante.
- Las emisiones de PM10 y PM2.5 provienen principalmente del polvo fugitivo (resuspensión de polvo de los caminos pavimentados y no pavimentados), el manejo de residuos y las actividades agrícolas (fuentes de área), que contribuyen con más de 64 por ciento del total de PM10 y 40 por ciento del total de PM2.5 del inventario.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**mopt**  
Ministerio  
Obras Públicas y Transportes



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Conclusiones

- Después del polvo fugitivo, los procesos de manufactura y otros procesos industriales, y las plantas de generación de electricidad son las fuentes con mayores emisiones de PM10 y PM2.5. Estas dos categorías emiten sólo alrededor de 25,8 por ciento del total de PM10 y 15,2 por ciento del total de PM2.5 del inventario.
- Las actividades ganaderas y la generación doméstica de amoníaco, junto con la aplicación de fertilizantes, son responsables de la mayoría de las emisiones de NH<sub>3</sub> en el Área Metropolitana del país.
- Para las fuentes móviles, calcular las emisiones por año modelo adquiere vital importancia cuando se toma en cuenta que los vehículos viejos presentan mayor cantidad de emisiones en todos los contaminantes



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Conclusiones

- El 45% de los vehículos (años modelos 1993 y anteriores), emite el 62% de los gases orgánicos reactivos y el 42% de los óxidos de nitrógeno.
- En las fuentes de área sobresalen las emisiones de GOT, donde el 68% se genera por la degradación de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios, metano en su mayoría (72%).
- Otra cantidad importante de COT proviene de los diferentes productos comerciales utilizados para el cuidado personal, de los adhesivos y selladores, catalogados como *uso de solvente*, los cuales en conjunto emiten el 27%. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitió el 2%, en su mayoría por emisiones evaporativas generadas por componentes de la gasolina.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**mopt**  
Ministerio  
Obras Públicas y Transportes



MUNICIPALIDAD  
DE SAN JOSÉ

**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Conclusiones

- El 45% de los vehículos (años modelos 1993 y anteriores), emite el 62% de los gases orgánicos reactivos y el 42% de los óxidos de nitrógeno.
- En las fuentes de área sobresalen las emisiones de GOT, donde el 68% se genera por la degradación de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios, metano en su mayoría (72%).
- Otra cantidad importante de COT proviene de los diferentes productos comerciales utilizados para el cuidado personal, de los adhesivos y selladores, catalogados como *uso de solvente*, los cuales en conjunto emiten el 27%. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitió el 2%, en su mayoría por emisiones evaporativas generadas por componentes de la gasolina.



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Grandes desafíos derivados del Inventario

- Readecuar las normas nacionales de calidad del aire (inmisiones) y emisiones tanto de fuentes fijas como móviles
- Fortalecer la red de monitoreo de calidad del aire de la GAM con el fin de incluir gases de combustión.
- Dictar políticas públicas en materia de eficiencia energética para vehículos automotores.
- Generar mecanismos que propicien la renovación de la flota vehicular con el fin retirar unidades más contaminantes.
- Fortalecer la gestión de control y supervisión del cumplimiento de normativa existente relacionada directa o indirectamente al control de emisiones.
- Garantizar la sostenibilidad del proceso de actualización de los inventarios de emisiones en Costa Rica



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA

# Agradecimiento a las entidades que aportaron información para el inventario

REFINADORA COSTARRICENSE DE PETROLEO

AUTORIDAD REGULADORA DE SERVICIOS PUBLICOS

CONSEJO TECNICO DE AVIACION CIVIL

CONSEJO DE TRANSPORTE PUBLICO

SECTOR INDUSTRIAL

CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

BOMBEROS DE COSTA RICA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DIRECCION SECTORIAL ENERGÍA – MINAET

REGISTRO NACIONAL

INSTITUTO NACIONAL DE SEGUROS (MARCHAMOS)

MINISTERIO DE SALUD

CONSEJO DE SALUD OCUPACIONAL- MINISTERIO DE TRABAJO

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES



# Consultas e información adicional

Dr. Jorge Herrera Murillo

Universidad Nacional

[jherrer@una.ac.cr](mailto:jherrer@una.ac.cr)

2277-3292 / 2277-3696

Informe Ejecutivo disponible en las páginas web:

[www.edeca.una.ac.cr](http://www.edeca.una.ac.cr)

<http://digecca.minae.go.cr>



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD



Ministerio de Ambiente,  
Energía y  
Telecomunicaciones



**UNA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA