

# RECURSO AIRE



## **CONDICIÓN ACTUAL**

---

### **IMPORTANCIA Y DATOS GENERALES SOBRE EL RECURSO**

En todo momento de la historia del hombre, éste ha arrojado materiales que pueden considerarse como contaminantes atmosféricos (humo, vapores y partículas). Sin embargo, es a partir del desarrollo industrial que esta acción adquiere proporciones considerables, no sólo por la cantidad de contaminantes que llegan al aire, sino por la naturaleza y calidad de éstos.

Siete décadas han pasado desde que Puerto Rico pasó de una economía agraria, basada en la caña de azúcar, café y tabaco, a una economía dirigida al sector industrial y de servicios. No obstante, desde hace diez años este sector ha experimentado cambios a pasos acelerados, siendo la industria de la biotecnología la que mayor crecimiento ha experimentado en estos tiempos. A pesar de la expansión en la industria de capital y conocimiento de cara al Siglo 21 y a los retos de la globalización, se continúa dependiendo del petróleo y sus derivados.

La Junta de Calidad Ambiental (JCA) se mantiene vigilante en la misión de hacer cumplir las leyes ambientales. Nuestras leyes van dirigidas a proteger la salud de los seres humanos, y la calidad de nuestros recursos agua, tierra y aire.

Para realizar esta misión, el Área de Calidad de Aire cuenta con el Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica y con la Ley sobre Política Pública Ambiental (Ley 416 del 22 de septiembre de 2004) en sustitución y derogación de la Ley 9 del 18 del junio de 1970, según enmendada. Esta nueva Ley compila una serie de leyes ambientales destinadas a proteger los recursos naturales y ambientales.

En este Capítulo se tratarán las diversas fuentes de contaminación del aire, muchas de las cuales son esenciales para mantener una sociedad industrializada. Se discutirá la calidad del aire en Puerto Rico y se considerará las posibles causas que alteran la composición básica del aire, entre éstos, la contaminación atmosférica y sus principales fuentes de contaminación y el clima de Puerto Rico. Además, se incluye las actividades que se realizan para proteger el recurso aire.

### **Recurso Aire**

El aire es la atmósfera que rodea a la tierra, y ésta, a su vez, comprende varias capas. La tropósfera es la capa interior más próxima a la superficie terrestre, donde sucede lo que llamamos tiempo. Esta capa alcanza una altura media de 12 kilómetros. En los polos se prolonga aproximadamente 7 kilómetros mientras, que en el trópico se prolonga por aproximadamente 16 kilómetros. La tropósfera conserva el 75% de la masa de aire de la Tierra. Junto con el aire encontramos polvo, humo, cenizas y vapor de agua, entre otros componentes.

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependen de este cóctel de gases, nuestros pulmones filtran alrededor de 15 kilogramos de aire atmosférico al día.

La contaminación de nuestro recurso aire es uno de los problemas que más aqueja a nuestra ciudadanía, pero lamentablemente son precisamente las actividades antropogenias las que más afectan y lastiman este recurso. Cuando se discuten las fuentes de contaminación del aire, comúnmente se usan cuatro términos: móvil, estacionaria, puntual y del área. Las causas que originan la contaminación son diversas, pero es bien sabido que el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales y agropecuarias.

Los principales contaminantes del aire se clasifican en:

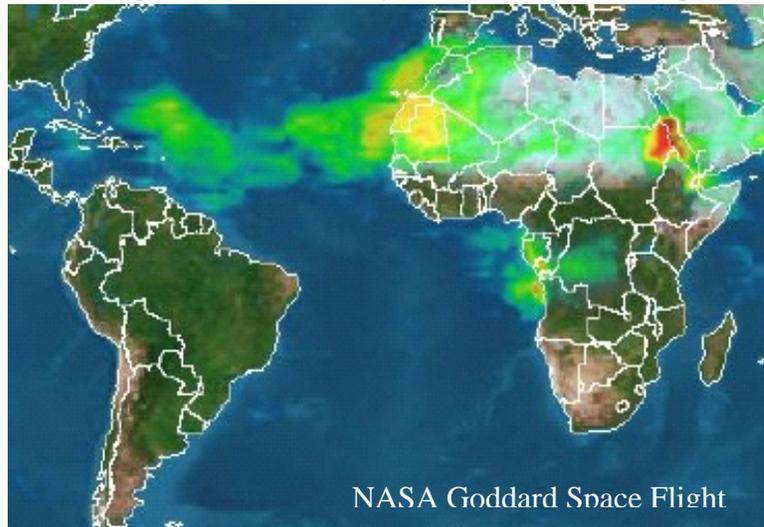
- ❖ **Primarios:** Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: bióxidos de azufre, monóxido de carbono, bióxidos de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.
- ❖ **Secundarios:** Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, es el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos, se destacan oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (O<sub>3</sub>).

### **Fenómenos Naturales**

Tal como se indicó en la sección sobre meteorología en el Capítulo 1, la localización de Puerto Rico con respecto a los vientos alisios provenientes del Océano Atlántico, hace que la calidad del aire que experimentamos en la Isla esté sujeta a fenómenos que ocurren en lugares tan lejanos como el Continente Africano. Esto, combinado con la temperatura, la topografía y la diversidad de microclimas, influye en cómo se manifiestan algunos contaminantes atmosféricos.

Cuando el viento levanta el polvo de los desiertos, las nubes pueden obstruirse e impedir la llegada de la lluvia. Este nuevo descubrimiento, realizado con la ayuda de satélites de la NASA, sugiere que las sequías que afectan regiones áridas como las del centro de África empeoran debido al mal manejo de los suelos que, a su vez, generan más polvo y aceleran el crecimiento de las zonas desérticas.

De acuerdo con estudios, el polvo que viaja de un lado a otro del planeta puede tener serias consecuencias para el medio ambiente.



**MAPA 4.1**

El fenómeno incide sobre la vida humana de diversas maneras. Por un lado, refuerza los mecanismos que generan el cambio climático al afectar los niveles atmosféricos de dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero y, por el otro, impacta en la salud y la actividad humana mediante la transmisión de enfermedades, la salinación de los suelos, la fertilidad de los océanos, los cambios en la reflectividad de la capa de hielo y la contaminación del aire.

Estudios de la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera (NOAA) concluyen que el tiempo en un continente puede impactar el clima en otras partes del mundo. En éstos se presenta la relación que existe entre las sequías en África y el transporte de partículas de polvo hacia el Caribe. Las tormentas de polvo transportan inmensas cantidades de material a grandes distancias, por ejemplo, desde el Sahara a Groenlandia. La relación entre el clima y la emisión de polvo africano puede significar en aumento o reducción de la cantidad de partículas, lo cual, a su vez, pudiera impactar el clima sobre vastas zonas del planeta.

Su naturaleza migratoria hace que sea un problema realmente global, que, por otra parte, no recibe la atención que merece aunque los avances en el campo de las imágenes de satélites ha hecho más fácil monitorear las tormentas de polvo y localizar su mayor fuente mundial. Estudios demuestran que desde los años sesenta ha aumentado la cantidad de polvo procedente del desierto del Sahara y que llega a la atmósfera del Caribe, especialmente sobre Puerto Rico. Las razones no están claras, pero podrían estar relacionadas con la actividad humana. Las sequías, la deforestación o algo tan individual como el uso de un vehículo, son algunas de las causas citadas por los científicos como factores que alteran los depósitos de polvo de los que salen las partículas contaminantes.

**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

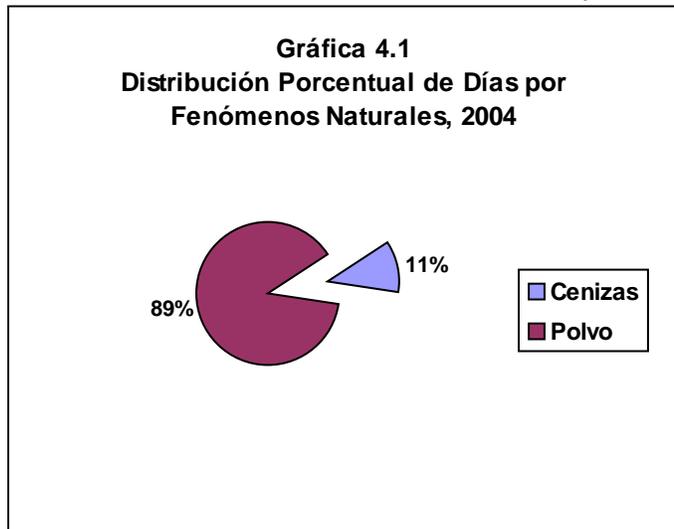
En el 2004 Puerto Rico fue impactado varias veces por el fenómeno del Polvo del Desierto del Sahara, con mayor actividad de abril a septiembre. La tabla a continuación muestra, de acuerdo con los datos reportados por NOAA, los días que se registró Polvo de Sahara en Puerto Rico. Además, se presenta en la tabla cuando Puerto Rico fue impactado por cenizas del Volcán Le Soufriere en la isla de Monserrate.

<b>TABLA 4.1 FENÓMENOS NATURALES REPORTADOS EN PUERTO RICO, 2004</b>					
<b>PRIMER TRIMESTRE</b>		<b>SEGUNDO TRIMESTRE</b>		<b>TERCER TRIMESTRE</b>	
<b>DÍA</b>	<b>FENÓMENO</b>	<b>DÍA</b>	<b>FENÓMENO</b>	<b>DÍA</b>	<b>FENÓMENO</b>
Enero 1	Polvo	Abril 16	Polvo	Julio 4	Polvo
Enero 31	Polvo	Mayo 7	Polvo	Junio 5	Polvo
Febrero 2	Polvo	Mayo 17	Polvo	Julio 6	Polvo
Febrero 6	Polvo	Junio 3	Polvo	Julio 7	Polvo
Febrero 9	Polvo	Junio 11	Polvo	Julio 8	Polvo
Febrero 26	Polvo	Junio 12	Polvo	Julio 9	Polvo
Marzo 2	Polvo	Junio 13	Polvo	Julio 10	Polvo
Marzo 10	Cenizas	Junio 14	Polvo	Julio 11	Polvo
Marzo 11	Cenizas	Junio 15	Polvo	Julio 12	Polvo
Marzo 12	Cenizas	Junio 16	Polvo	Julio 13	Polvo
Marzo 13	Cenizas	Junio 17	Polvo	Julio 14	Polvo
Marzo 14	Cenizas	Junio 18	Polvo	Julio 15	Polvo
Marzo 15	Cenizas	Junio 19	Polvo	Julio 22	Polvo
Marzo 16	Cenizas	Junio 20	Polvo	Agosto 1	Polvo
Marzo 17	Cenizas	Junio 21	Polvo	Agosto 2	Polvo
Marzo 24	Polvo	Junio 22	Polvo	Agosto 3	Polvo
Marzo 28	Polvo	Junio 23	Polvo	Agosto 4	Polvo
		Junio 24	Polvo	Agosto 7	Polvo
		Junio 29	Polvo	Agosto 10	Polvo
				Agosto 13	Polvo
				Agosto 14	Polvo
				Agosto 15	Polvo
				Agosto 16	Polvo
				Agosto 17	Polvo
				Agosto 18	Polvo
				Agosto 19	Polvo
				Agosto 20	Polvo
				Agosto 28	Polvo
				Agosto 31	Polvo
				Sep. 1	Polvo
				Sept. 4	Polvo
				Sept. 6	Polvo
				Sept. 13	Polvo
				Sept. 20	Polvo
				Sept. 22	Polvo
				Sept. 30	Polvo

De los datos se desprende que se registraron 72 días de episodios de eventos naturales, de éstos un 89% de polvo del Sahara y un 11% de cenizas de volcán.

Además, durante el verano o los meses de calor se experimentaron días brumosos, desde julio hasta a agosto consecutivamente.

Los datos demuestran que estos fenómenos naturales impactan significativamente a todo Puerto Rico y es necesario emitir avisos públicos relacionados a los mismos. La calidad del aire no es la excepción, cuando suceden estos episodios. Las estaciones de muestreo registran los mismos, y las concentraciones aumentan significativamente. Al revisar los valores máximos de las estaciones, coinciden que durante el día que el valor máximo fue registrado, Puerto Rico fue impactado por un fenómeno natural, ya sea polvo de Sahara o cenizas del Volcán de Monserrate.



Además, durante el 2004 la Isla fue amenazada varias veces por huracanes y tormentas, de las cuales dos entraron a tierra, dejando a su paso la naturaleza afectada con árboles caídos y derrumbes de terreno e interrumpiendo el servicio eléctrico. Además, causó inundaciones y desbordamientos de ríos y quebradas. Es importante añadir que estos fenómenos aumentan la contaminación ambiental, ya que dejan mucha materia particulada, escombros en los vertederos y aumenta el uso de plantas de emergencia al no haber servicio de electricidad.

Es un hecho que posterior de las ondas tropicales la Isla fue impactada por bruma causada por la inestabilidad en la atmósfera. La Isla sufrió de días consecutivos de bruma ocasionada al pasar las ondas cerca de la zona. Cada una de ellas dejaba grandes cantidades de polvo y bruma.

#### **CONDICIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE**

Cuando se discuten las fuentes de contaminación del aire, comúnmente se usan cuatro términos: móvil, estacionaria, puntual y del área. Las fuentes móviles incluyen diversas formas de transporte, tales como automóviles, camiones y aviones. Las fuentes estacionarias son las instalaciones no movibles, tales como plantas de energía y establecimientos industriales. Una fuente puntual se refiere a una fuente en un punto fijo, tal como una chimenea o tanque de almacenamiento que emite contaminantes. Una fuente del área se refiere a una serie de fuentes pequeñas que, en conjunto, pueden afectar la calidad del aire en una región.

La motivación fundamental que permitió la sobrevivencia del hombre fue la búsqueda de la mejor satisfacción de sus necesidades primordiales. En nuestra

sociedad actual, el avance tecnológico es enorme y en la obtención de satisfactores se ha perseguido, generalmente, el máximo beneficio, con el menor costo y esfuerzo. La acumulación de industrias, automóviles y otras fuentes de contaminación ha cumplido con aumentar la producción de bienes, pero a un enorme costo social, ya que ha originado una contaminación del ambiente que es incompatible con la salud humana y la sobrevivencia del ecosistema en que vivimos. En las grandes urbes el fenómeno de la contaminación es crítico.

Sin comida, podemos vivir cerca de un mes. Sin agua, sólo unos cuantos días. Pero sin aire, moriríamos en minutos. Un aire envenenado es tan nocivo como la ausencia del mismo. En lugar de llevar oxígeno a nuestras células, la hemoglobina transporta veneno.

A continuación se presenta la calidad del aire actual de Puerto Rico desde dos ángulos principales, a través de la red de muestreo de aire y, mediante estimaciones al utilizar inventario de emisiones. Ambos métodos permiten conocer la calidad del aire con el propósito de establecer y crear medidas que protejan el mismo.

### **Red de Muestreo**

Durante el 2004, se cuenta con registros de contaminantes atmosféricos en varios municipios y zonas metropolitanas. En todas ellas, los contaminantes se miden según los procedimientos estandarizados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). La red cuenta con 39 estaciones, 13 de éstas de monitoreo automático (MC) y 26 de monitoreo manuales (MI, no todas muestrean con la misma frecuencia).

En Puerto Rico se registran los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), bióxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y materia particulada (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Para cada uno de estos contaminantes se cuenta con un estándar o norma primaria y secundaria de calidad del aire, donde se establecen las concentraciones máximas que no debieran sobrepasarse en un período definido (frecuentemente una vez por año) para que pueda garantizarse la protección adecuada de la salud de la población, inclusive la de los grupos más susceptibles.

### **Material Particulado PM<sub>10</sub>**

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas ambientales que podría afectar la salud humana y los recursos naturales. Como respuesta a la problemática y la contaminación actual, el 18 de julio de 1997 la EPA incorporó la Norma Nacional de Calidad de Aire (NAAQS) para material particulado y ozono.

El material particulado se define como cualquier materia en forma sólida o líquida subdividida en partículas pequeñas como para ser susceptible a

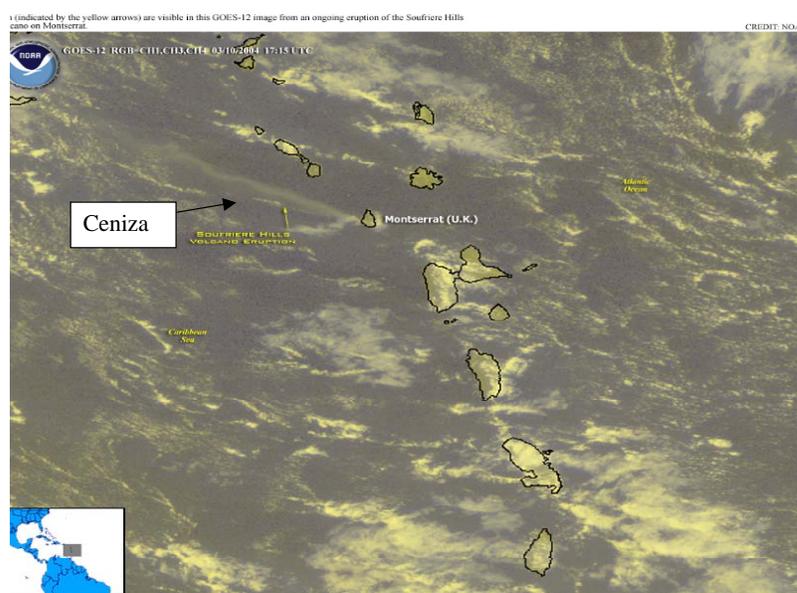
## INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004

### CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE

dispersión y suspensión, o a ser arrastrada por corrientes de aire u otros gases, excepto agua en su estado no combinado. Los mecanismos de la formación de las partículas pueden ser emitidas en la atmósfera (material particulado primario) o por reacción química (material particulado secundario). El diámetro del particulado atmosférico es en nanómetros y decenas de micra ( $\mu\text{m}$ ). Los niveles de material particulado se expresan en forma de concentración de masa o volumen de particulado por unidad de volumen de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La partícula de mayor tamaño (mayor 10 micrones) se deposita en la superficie después de pocas horas de emisión y, en su mayoría, el impacto es local. Las partículas secundarias en tamaño (2.5 a 10 micrones) toman varias horas y hasta días en formarse. Estas partículas son inhalables y provienen de recursos tales como Polvo de Sahara (64 eventos de bruma registrados en el 2004), Cenizas de Volcán (8 eventos de cenizas registrados en el 2004), incendios (13,076 registrados en el 2004), carreteras y tráfico vehicular (2,366,151 vehículos de motor registrados en el 2004).

#### MAPA 4.2: FOTO DE SATÉLITE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN LE SOUFIERE EN MONSERRATE





Las fotos muestran cómo Puerto Rico fue impactado desde el 12 al 17 de marzo de 2004. La erupción del Volcán Le Soufriere de Montserrat ocasionó que los datos colectados por la JCA para materia particulada reportaran el fenómeno natural. Este fenómeno se considera material particulado primario (PM<sub>10</sub>).

Este contaminante se deposita en el sistema respiratorio del ser humano y agrava las condiciones de salud. La partícula fina (menores 2.5, PM<sub>2.5</sub>) es generada por actividades de industriales y residencias.



Estas fotos muestran diferentes tipos de contaminación para material particulado 2.5 (PM<sub>2.5</sub>)

El PM<sub>2.5</sub> se deposita en los pulmones y afecta de una forma más aguda la salud y, en ocasiones, provoca la muerte prematura. Este particulado se aloja en los alvéolos, donde pueden crear complicaciones, tales como: mayor riesgo para desarrollar cáncer pulmonar, muerte anticipada, síntomas respiratorio graves, e irritación de las mucosas de ojos, oídos y nariz.

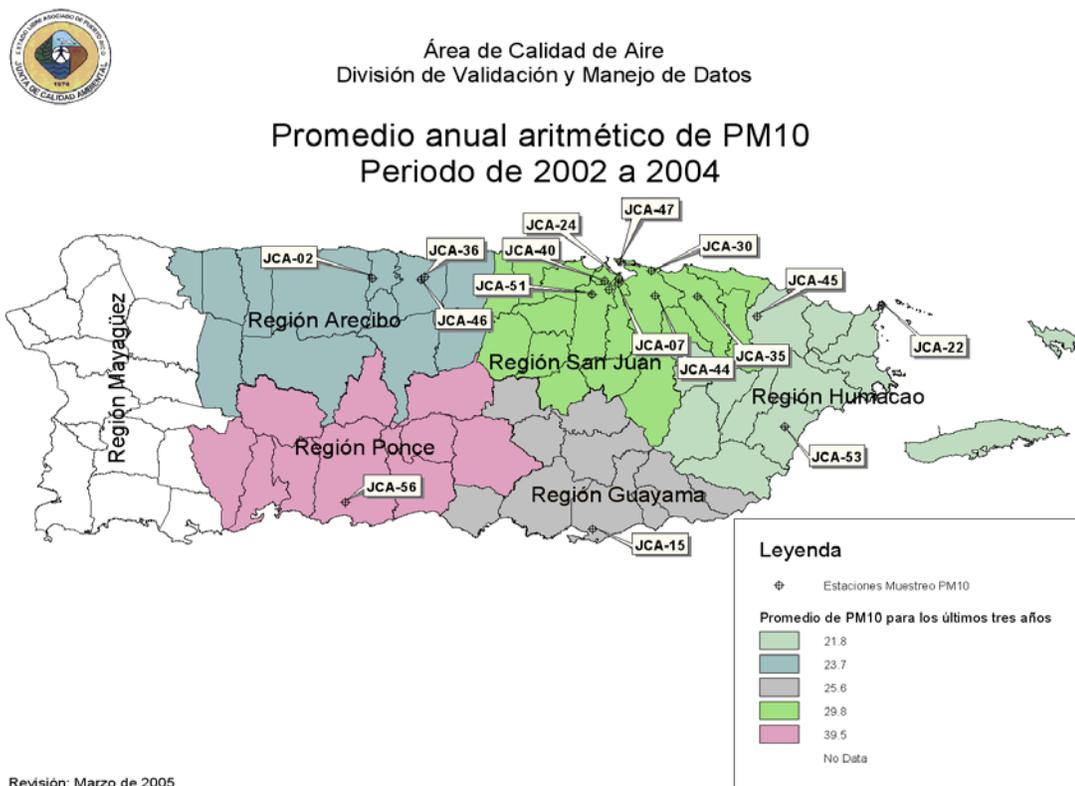
La norma nacional establece que las concentraciones de PM<sub>10</sub> no deben rebasar los 150 µg/m<sup>3</sup> de aire para 24 horas de exposición y el promedio anual aritmético no debe pasar de 50 µg/m<sup>3</sup>. Mientras que la concentración de PM<sub>2.5</sub> no debe exceder los 65 µg/m<sup>3</sup> de aire para 24 horas de exposición y el promedio anual aritmético no debe pasar los 15 µg/m<sup>3</sup>, según la EPA, en el Código de Regulaciones Federales Volumen 40, Parte 50. La red de muestreo de la JCA se estableció con el objetivo de proteger la salud humana, el medio ambiente, mejorar la calidad de aire y elevar el nivel de vida de la población.

La JCA realiza muestreo atmosférico mediante estaciones fijas en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Como se mencionó anteriormente, Puerto Rico cuenta con 39, de las cuales 26 son de muestreo manual para material particulado, sumando 3 de muestreo automático, para un total de 29 estaciones (17 de PM<sub>10</sub> y 12 de PM<sub>2.5</sub>). El propósito principal es poder determinar diversos parámetros, para revelar y evaluar diferentes zonas comerciales, industriales y residenciales. Además, se puede contar con información de las situaciones de la calidad de aire y así determinar si existe un aumento o disminución de los valores permitidos y que no afecten la salud humana y el medio ambiente.

En este Informe se evalúa la capacidad que se tiene en el cumplimiento de la Norma Nacional de Calidad de Aire. Esto permite interpretar las causas de posible superación o disminución en los valores del límite de concentración de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , según los datos obtenidos por la JCA reportados en el 2004. El Informe Ambiental 2004 de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  tiene como objetivo analizar series reciente tres años (2002, 2003, 2004) de niveles de material particulado. La determinación e interpretación de mapas, gráficas, identificación de fuentes de emisiones presente y de acuerdo al balance, será posible el control del impacto ambiental en Puerto Rico.

Según los datos reportados, las condiciones atmosféricas de Puerto Rico son aceptables dado que las condiciones geográficas y climáticas, favorecen a la dispersión de los gases y partículas generadas por las industrias, el transporte, las residencias y eventos naturales. En los últimos años se ha incrementado en forma significativa la cantidad de vehículos. Esto hace que a determinadas horas del día y determinadas épocas del año, exista un aumento en la concentración de algunos contaminantes, tales como materia particulada o gases.

**MAPA 4.3**



El mapa anterior de Puerto Rico identifica el promedio anual aritmético para  $PM_{10}$  de los años 2002 al 2004. Según los resultados obtenidos, la calidad de

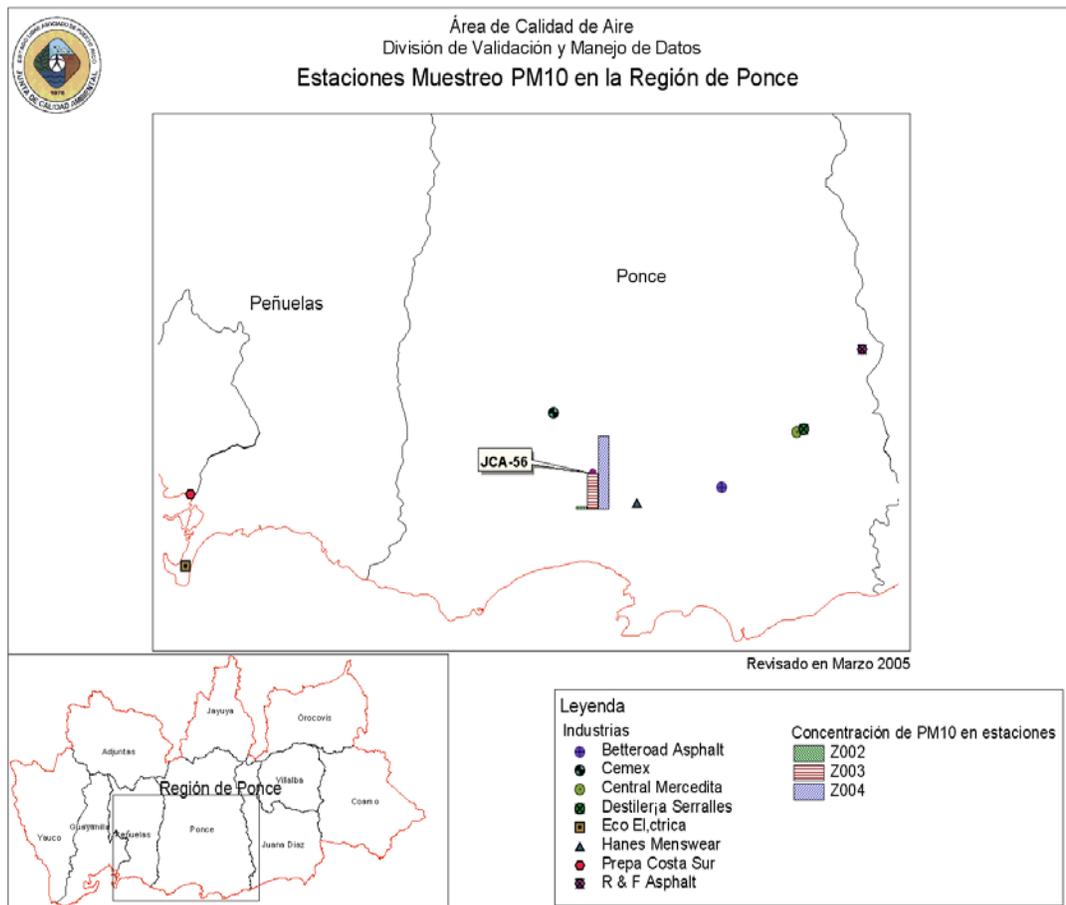
aire de Puerto Rico cumple con la norma nacional anual establecida de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El mapa muestra la distribución de las regiones de la JCA. Se puede observar que la región de Ponce registra las concentraciones más altas, con un promedio aritmético anual de  $39.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por la región metropolitana, con  $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio anual.

**1. Región de Ponce**

En la región de Ponce existe una actividad industrial intensa con evidentes indicios de impacto ambiental, especialmente en la calidad de las aguas, suelos y aire. La localización de la ciudad de Ponce, próxima a varios polígonos industriales situados entre la ciudad y la costa, ocasiona que la calidad del aire de la ciudad esté condicionada por las emisiones de una gran variedad de procesos industriales, construcciones de carretera, tráfico vehicular en hora pico, incendios espontáneos y que pueden tener un impacto negativo en la calidad de vida de la ciudadanía.

**MAPA 4.4**



Esta región, aunque comprende de varios municipios, en el 2004 la JCA contó con una estación en Ponce para materia particulada 10 (PM<sub>10</sub>). La estación #56 se encuentra ubicada en la Urb. San Antonio en la Defensa Civil de Ponce y se instaló con el propósito de proteger la población.

Los datos de PM<sub>10</sub> reflejan un aumento para al 2004 con una concentración de 42.20 µg/m<sup>3</sup> anual aritmético, mientras que en concentraciones de 24 horas la máxima fue de 90 µg/m<sup>3</sup> para junio, mes en el cual Puerto Rico reflejó varios días con eventos naturales (Polvo de Sahara).

Según datos estimados bajo la Regla 410<sup>25</sup> del RCCA, las industrias que emitieron más toneladas de material particulado (PM<sub>10</sub>) al año en Ponce fueron PREPA Costa Sur (1258.5), CEMEX (92.66), Destilería Serrallés (14.05), Hanes Menswear (0.48) y R & F Asphalt (0.18).

De acuerdo con estadísticas suministradas por el Departamento de Bomberos de PR, en el 2004 se registraron 486 diferentes tipos de incendio en la zona de Ponce, lo cual ocasiona que haya un aumento significativo en las concentraciones. El aumento fue de 2.8 µg/m<sup>3</sup> en la media anual comparado con el 2003, que reflejó 39.40 µg/m<sup>3</sup>. Se puede observar un incremento por año en las concentraciones de material particulado 10 (PM<sub>10</sub>). Se analizaron 57 datos de la concentración de PM<sub>10</sub> en 24 horas; ninguno de los datos superó la norma establecida.

## **2. Región de Guayama**

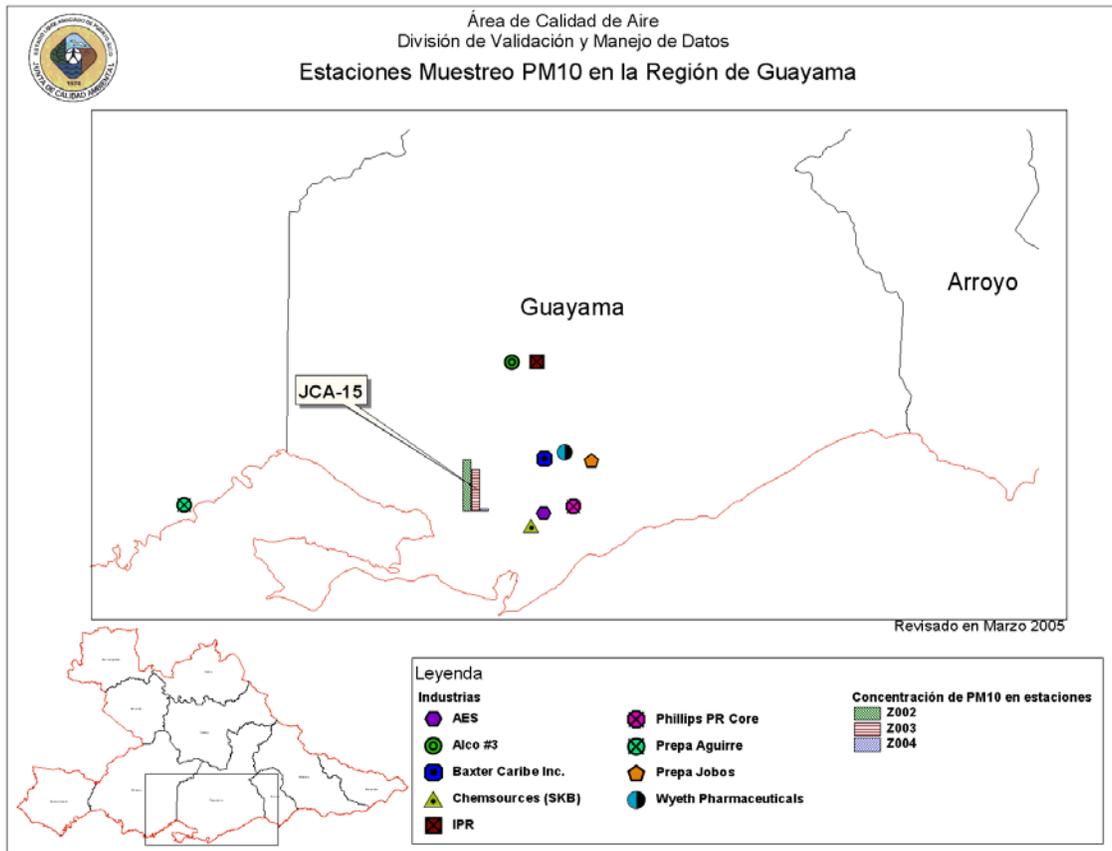
La región de Guayama está compuesta por varios municipios (Ver Mapa 4.5). La estación #15 de Guayama monitorea cada tres días para material particulado 10 (PM<sub>10</sub>) y está ubicada en el Barrio Jobos. Se instaló con el propósito de proteger la población.

El municipio de Guayama cuenta con varias industrias que emiten contaminantes, según los datos reportados bajo la Regla 410 del RCCA. Las industrias que emitieron más toneladas de material particulado (PM<sub>10</sub>) al año fueron PREPA de Aguirre (1,416) y AES (991).

---

<sup>25</sup> Regla en el Reglamento para el Control de la Contaminación Ambiental que regula el contenido máximo de azufre en el combustible utilizado en el proceso de combustión en equipo mayores o iguales a 10 mmBtu

MAPA 4.5



En el municipio de Guayama se reportaron 391 tipos de incendio, de acuerdo con estadísticas del Departamento de Bomberos. Esta cantidad de incendios ocasiona que la calidad de aire en la región sea afectada. Sin embargo, la estación #15 no excede la norma nacional y para el 2004 la concentración fue  $23.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media anual aritmético, logrando una reducción de  $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la media anual aritmético comparado con el 2003, que se reportó  $26.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la estación #15 se analizaron 108 datos de la concentración de  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas. Ninguno de los valores superó la norma nacional. La concentración máxima para 24 horas fue  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , reportada en julio.

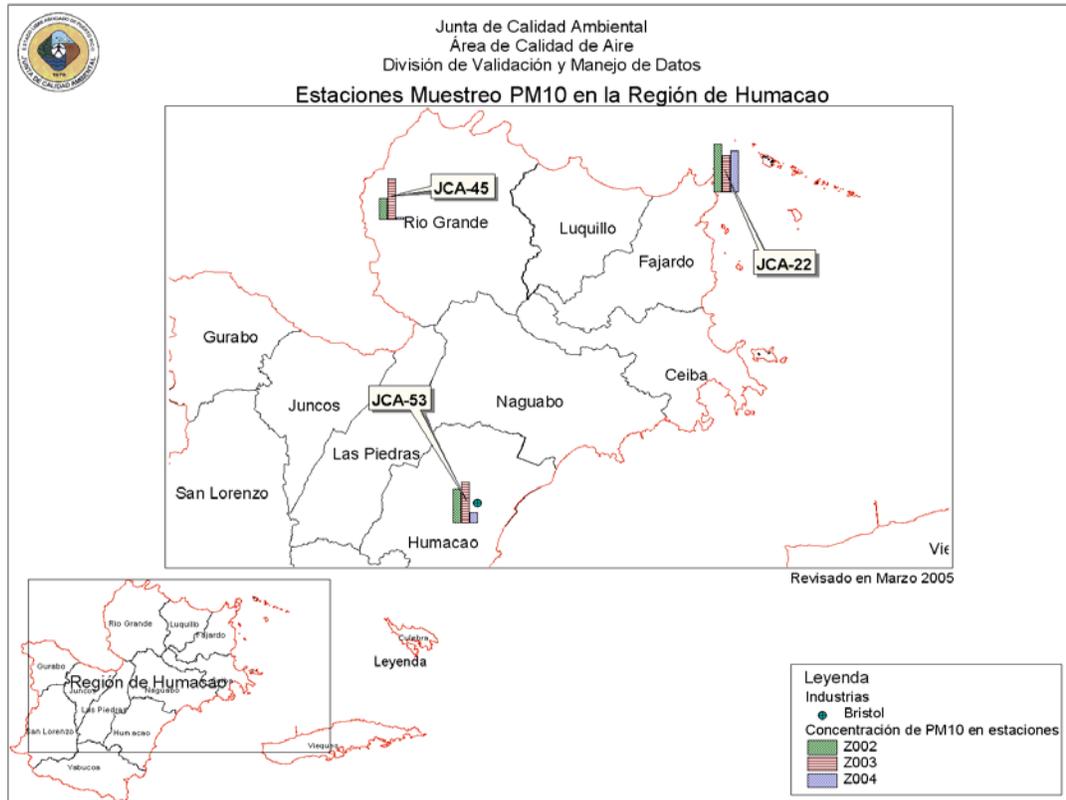
3. Región de Humacao

La región de Humacao se compone de varios municipios, como se ilustra en el mapa a continuación, donde se encuentran ubicadas tres estaciones. En el Faro de Fajardo se encuentra ubicada la estación #22. Esta monitorea diariamente (365 días del año) y su propósito es de trasfondo. La estación #53 está ubicada la Calle Gladiola y Girasol en Humacao y su propósito es orientada a la protección de la ciudadanía o comunidad. Esta estación

**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

monitorea cada seis días. Por último, está la estación #45, ubicada en Carretera 959 en Río Grande, y se considera como referencia de trasfondo.

**MAPA 4.6**



En el municipio de Humacao existen varias industrias que emiten contaminantes atmosféricos. Las industrias que más toneladas emitieron al año, según la Regla 410, fueron Bristol (2.01) y Seameles Textil (1.35). Según datos reportados por el Departamento de Bomberos, en el municipio se registró 291 tipos de incendios. A pesar de esos incendios y la cantidad de industrias establecidas, la estación de Humacao ha cumplido con la norma nacional durante los últimos tres años.

En la estación #53 la media anual fue de  $19.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el 2009, reduciendo en  $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el promedio anual aritmético reportado en el 2003, que fue  $22.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta estación registró la máxima concentración para junio, con un valor de  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de 47 datos analizados.

En Fajardo la estación #22 reportó una concentración de  $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la media anual, aumentando en  $0.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que reportó en el 2003. La concentración máxima en 24 horas fue de  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta estación registró 48 eventos de bruma al año. Desde julio hasta agosto fue cuando más eventos de bruma y cenizas del Volcán Monserrate se reportaron, con un

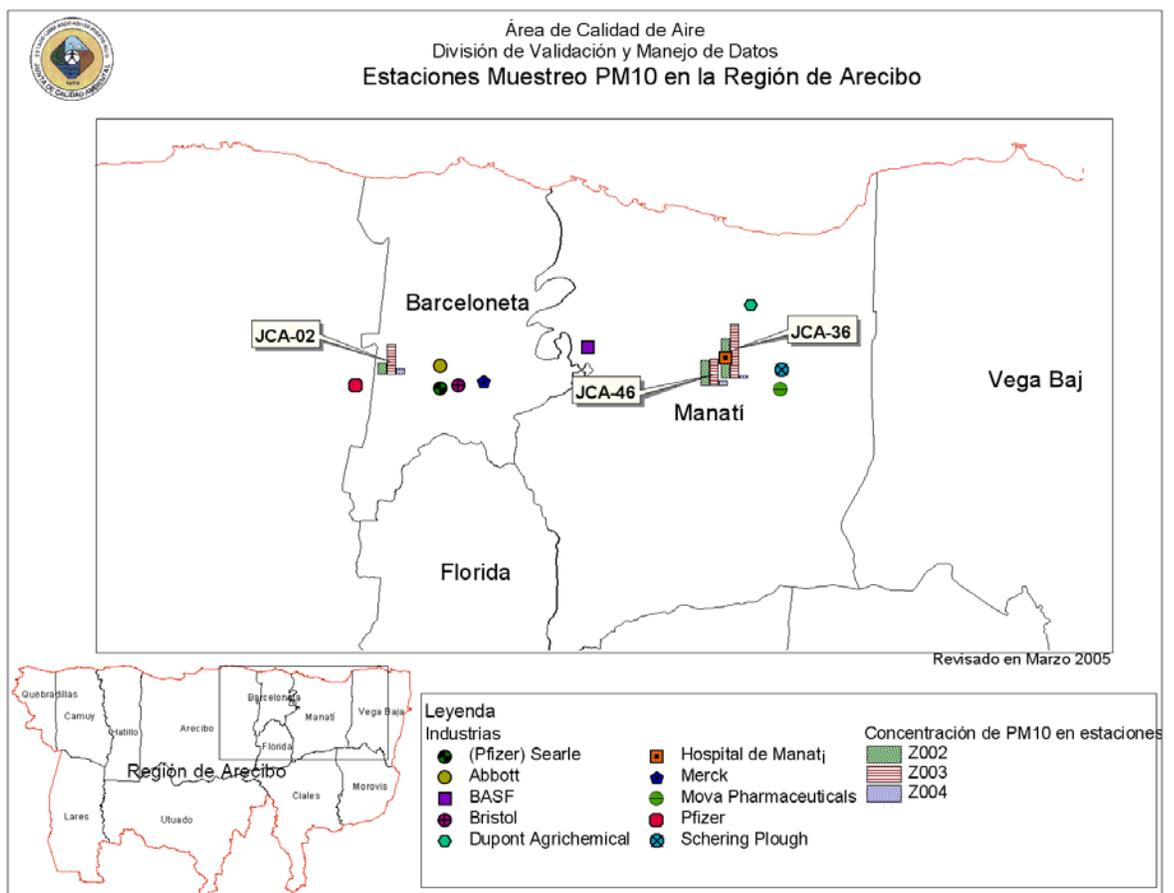
total de 7 días de monitoreo. La estación obtuvo una concentración máxima en 24 horas de  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para junio, de 303 datos analizados.

En el municipio de Río Grande se reportó 118 tipos de incendios, de los cuales 41 fueron incendios de basura en vertederos, seguido por 30 incendios en estructura fija. La estación #45, ubicada en Río Grande para material particulado, reportó  $18.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio aritmético anual en el 2004, disminuyendo en  $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del reportado en 2003. Esta estación cumple con la norma nacional, según los datos recolectados por la JCA. Para el 2004, la máxima concentración en 24 horas fue de  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , donde se reportaron 53 datos.

**4. Región de Arecibo**

La parte norte de Puerto Rico es donde se encuentra la mayor cantidad de industrias operando. La región de Arecibo se compone de los municipios detallados en el Mapa 4.7, pero sólo se monitorea en tres estaciones, una en Barceloneta y dos en Manatí. La estación de Barceloneta #2 está ubicada en las Parcelas Tiburón y monitorea cada seis días.

**MAPA 4.7**



Esta estación se instaló para proteger la comunidad y minimizar el impacto de las emisiones provenientes de las industrias, ya que en Barceloneta existe una cantidad de industrias que liberan contaminantes al aire. Las industrias que liberaron más contaminantes de material particulado (PM<sub>10</sub>) en el 2004 fueron Bato (11.18) y Bristol (10.31). Los contaminantes en esta área no sólo son generados por las industrias, sino que existen otros factores, como lo son el tráfico vehicular, los incendios y la construcción de carreteras.

En el 2004 el Departamento de Bomberos registró 153 tipos de incendios, de los cuales 59 fueron identificados como incendios de basura (zafacones y vertedero), seguido por 35 incendios de vehículos de motor. A pesar de estos factores, la estación #2 de Barceloneta cumplió con la norma nacional con un 21.70 µg/m<sup>3</sup> en la media anual, reduciendo ésta en un 2.9 µg/m<sup>3</sup> en comparación con el 2003. Para el 2004 la concentración máxima en 24 horas fue 71 µg/m<sup>3</sup>, con 56 datos analizados.

La estación #36 se encuentra ubicada en el Cementerio Municipal de Manatí. La misma monitorea cada seis días. En este Municipio se encuentran diversas industrias farmacéuticas que generan contaminantes atmosféricos. Entre las que más contaminantes emiten por toneladas al año de material particulado (PM<sub>10</sub>) se encuentra Schering Plough (6.2) y Ortho Pharmaceutical (0.31), seguido por Mova Pharmaceutical (0.27). Además de estas industrias, en el municipio de Manatí se generan otros tipos de contaminantes, como incendios, que para el 2004 se registró 172. De éstos, la gran mayoría fueron incendios de basura (65) e incendios de vehículos (38).

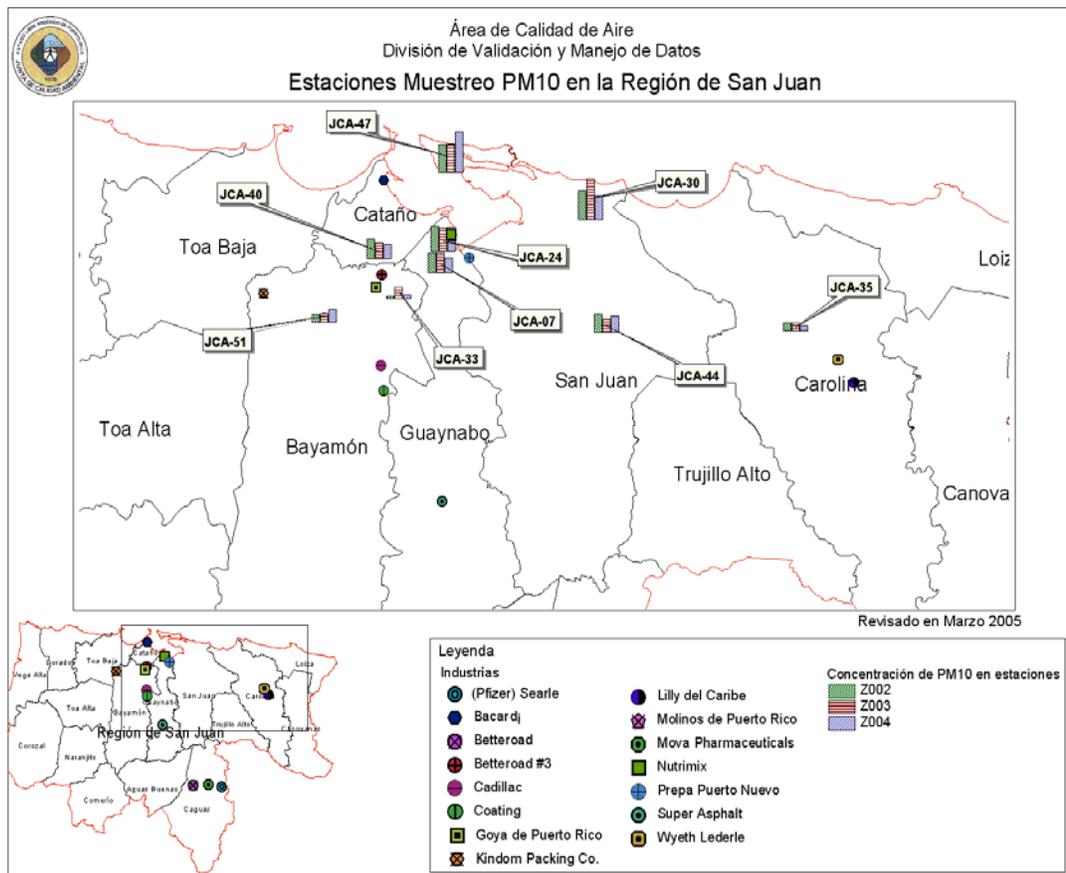
En la estación #36 se registraron y se analizaron 52 muestras de concentración de PM<sub>10</sub> en 24 horas y ninguno de los datos superó la norma establecida. La concentración máxima para el 2004 fue de 74 µg/m<sup>3</sup>, registrada en agosto. Su media anual de PM<sub>10</sub> fue de 21.4 µg/m<sup>3</sup> para el 2004. Se puede observar una disminución de 6.1 µg/m<sup>3</sup> comparado con el 2003, que registró una media anual de 27.5 µg/m<sup>3</sup>.

La estación #46 se encuentra ubicada en la Calle Paseo del Poeta. La misma monitorea cada seis días. Se analizaron 55 muestras de concentración de PM<sub>10</sub> en 24 horas y ninguno de los datos superó la norma establecida. La concentración máxima para el 2004 fue de 69 µg/m<sup>3</sup>, registrada en agosto. La media anual de PM<sub>10</sub> fue de 21.7 µg/m<sup>3</sup> para el 2004. Se puede observar una disminución de 2.6 µg/m<sup>3</sup> comparado con el 2003, en la cual se registró una media anual de 24.3 µg/m<sup>3</sup>. Según los datos registrados, la región de Arecibo cumplió con las normas establecidas obteniendo, un 23.7 µg/m<sup>3</sup> en su promedio anual (ver Mapa 4.7)

**5. Región Central:**

El área metropolitana se compone de diferentes municipios que se detallan en el Mapa 6. Esta región es la que contiene más estaciones de muestreo. El área metropolitana se distingue por ser una zona rodeada de cemento, mayor número de residentes, vehículo de motor y muy poca vegetación, por los cuales impide el flujo de vientos que podría dispersar los contaminantes. La distribución de carreteras, vivienda, edificio, tráfico (vehicular, aéreo, marítimo) y zonas industriales determinan en gran medida la cantidad de contaminantes atmosféricos.

**MAPA 4.8**



En el área metropolitana se encuentran instaladas nueve estaciones de muestreo para material particulado (PM<sub>10</sub>) en diferentes lugares. Existe, asimismo, una cantidad considerable de industrias. Las industrias que más toneladas de contaminantes emitieron de PM<sub>10</sub> al año son PREPA Puerto Nuevo (374.90), Bacardí (14.29), Lilly del Caribe (2.87) y Goya (2.57).

En el 2004, no sólo las industrias emitieron contaminantes, sino que en los municipios donde se encuentran las estaciones ocurrieron diferentes tipos

de incendios (1,877). A pesar de estos factores de contaminantes, el área metropolitana cumplió con  $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su promedio anual.

La estación #7 está ubicada en el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) en Guaynabo. Esta estación monitorea cada tres días y se analizaron 108 datos de la concentración  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas. Ninguno de los datos superó la norma establecida. La concentración máxima para 24 horas en la estación #7 fue de  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , codificada como evento de bruma en junio. El 100% de los datos evaluados cumplen con la norma diaria. En el 2004 el promedio anual aritmético fue de  $28.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , reduciendo en un  $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, que registró  $31.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El promedio máximo de 24 horas fue  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la subestación de la Autoridad de Energía Eléctrica en Guaynabo está ubicada la estación #24, que se monitorea cada día. Esta estación registró, y se analizaron, 345 datos de la concentración  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas. Ninguno de los datos sobrepasó la norma nacional establecida. La concentración máxima para 24 horas fue de  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrada en junio. La media anual de la concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la estación #24 fue de  $34.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aumentando en un  $0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con un  $33.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrado en el 2003.

La estación #30 se encuentra en la Avenida Baldorioty de Castro en San Juan. Esta estación se monitorea cada dos días. Se analizaron 151 resultados en concentración de 24 horas y no superaron la norma nacional. La concentración máxima para la estación #30 fue  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Según datos reportados, las máximas concentraciones se registraron entre junio y agosto. La media anual para el 2004 fue de  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , logrando una disminución de  $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en comparación con la concentración reportada en el 2003, que fue  $44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la Base Fort Buchanan en Guaynabo está ubicada la estación #33 y monitorea cada seis días. Se analizaron 47 datos de  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas y ninguno de los datos superó la norma establecida. Su concentración máxima fue de  $76.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para agosto. La media anual para el 2004 fue de  $21.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , disminuyendo en un  $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparado con  $26.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2003.

La estación #40 se encuentra en la Calle 11 (final) Las Vegas, Cataño y monitorea todos los días con muestreo continuo. En esta estación se analizaron 8,450 datos de  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas. Ninguno de los datos superó la norma establecida. Su concentración máxima fue de  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para julio. La media anual para el 2004 fue de  $28.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , disminuyendo en un  $1.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con  $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que se registró en el 2003.

En la Calle William Jones en Río Piedras se encuentra ubicada la estación #44. Se instaló por alto flujo vehicular y zonas comerciales. En el 2004 se

analizaron 50 datos de la concentración de  $PM_{10}$  y la máxima fue de  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas, ninguno sobrepasó las normas nacionales. La máxima concentración en 24 horas fue  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrada en julio. En el 2004 la media anual fue de  $27.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , logrando que se registrara la misma media anual del 2003.

La estación #47 está ubicada en el Terminal Covadonga en la Calle Comercio y Ave. Fernández Juncos en San Juan. La misma se monitorea cada seis días. Se analizaron 52 datos para 24 horas  $PM_{10}$  en el 2004 y la máxima fue de  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrada en junio. La media anual registrada en el 2004 fue de  $44.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y comparado con el 2003, que fue de  $36.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aumentando en un  $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su media anual. Este aumento tiene varios factores, tales como el tráfico vehicular, la construcción de proyectos de vivienda, hoteles, expansión de carreteras y la entrada y salida de los barcos al área de los puertos en San Juan.

**MAPA 4.9: FOTO ÁREA DE LA ZONA PORTUARIA DE SAN JUAN**



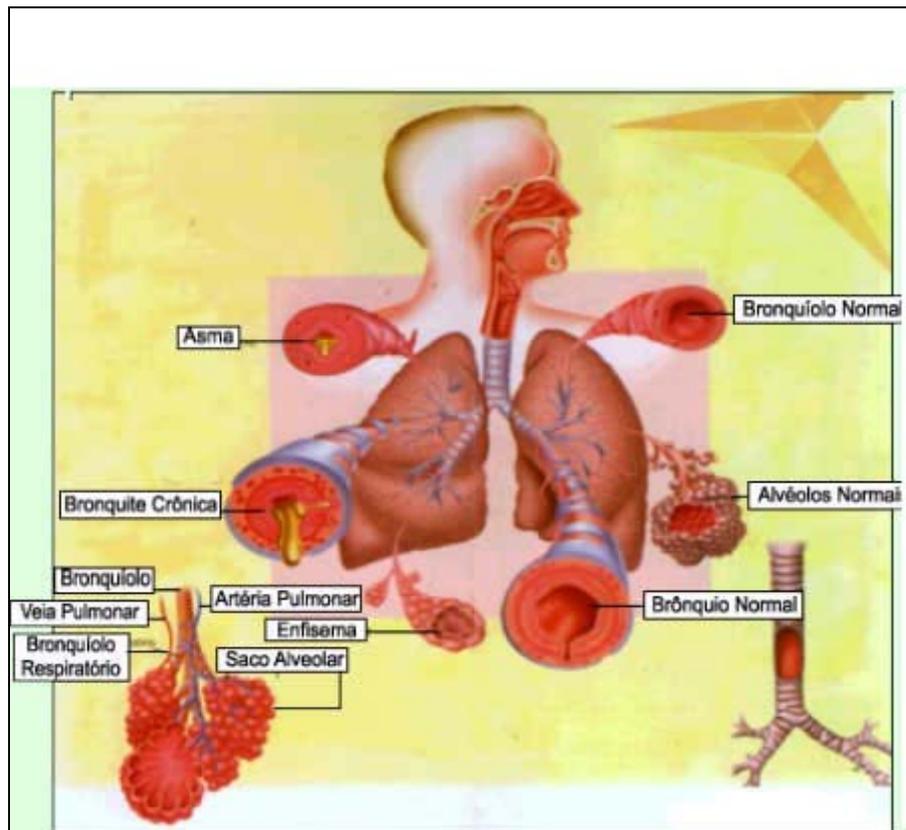
La estación #51 está ubicada en la Escuela José Dávila Sempritt en Sierra Bayamón y monitorea cada seis días. Se analizaron 45 datos de la concentración de  $PM_{10}$  en 24 horas y no superó la norma establecida. La concentración máxima para 24 horas fue de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrada en agosto. La estación #51 registró una media anual de  $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2004 y logró una reducción de  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, que registró  $24.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Material Particulado PM<sub>2.5</sub>

El aumento acelerado en la degradación del ambiente y la naturaleza en general ha ocasionado el deterioro de los recursos naturales, aire, agua, y suelo. La industrialización, el crecimiento poblacional y la gran cantidad de vehículos de motor ha causado que la calidad de aire se vea afectada por estos factores de contaminantes para los cuales se implantaron y se desarrollaron nuevas normas de calidad de aire. La fracción respirable de materia particulada más pequeña es conocida como PM<sub>2.5</sub>. Este particulado tiene un tamaño menor o igual a 2.5 micrones. El material particulado 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) son partículas producidas en el aire por reacciones químicas entre gases que se encuentran mayormente en partículas de origen antropogénico, ya sea emitidas directamente por procesos de combustión (diesel, calderas y otros procesos industriales) o como resultado de reacciones de otros contaminantes gaseosos que son emitidos mayormente por vehículos de gasolina y por las fuentes ya mencionadas.



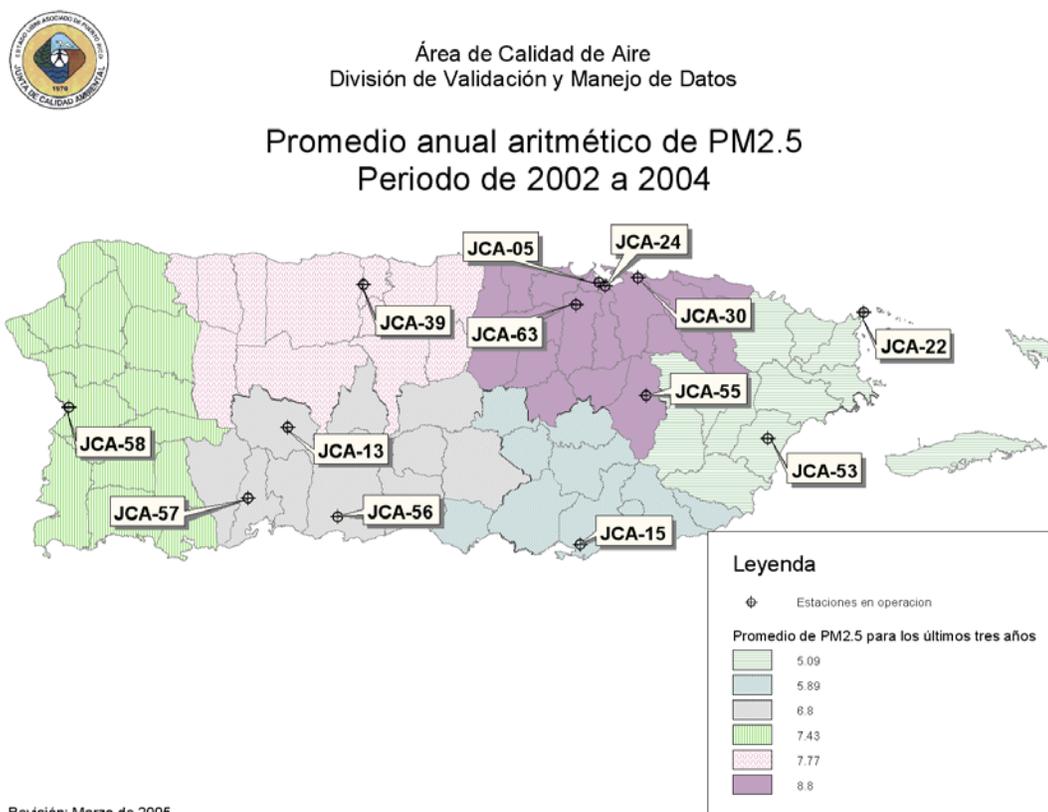
**DIAGRAMA 4.1: SISTEMA RESPIRATORIO**



El PM<sub>2.5</sub>, cuando se inhala, penetra profundo en los pulmones contribuyendo a los síntomas respiratorios agudos, bronquitis crónica y hasta muertes prematuras. Las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> no deben exceder los 65 µg/m<sup>3</sup> de aire en períodos de 24 horas y el promedio anual aritmético no debe pasar los 15 µg/m<sup>3</sup>

La red de muestreo de la JCA mantiene doce estaciones en la Isla para material particulado PM<sub>2.5</sub>. De éstas, diez estaciones son monitores intermitentes y dos son continuas. Su distribución cubre casi todo Puerto Rico, según se puede observar en el próximo mapa.

**Mapa 4.10**

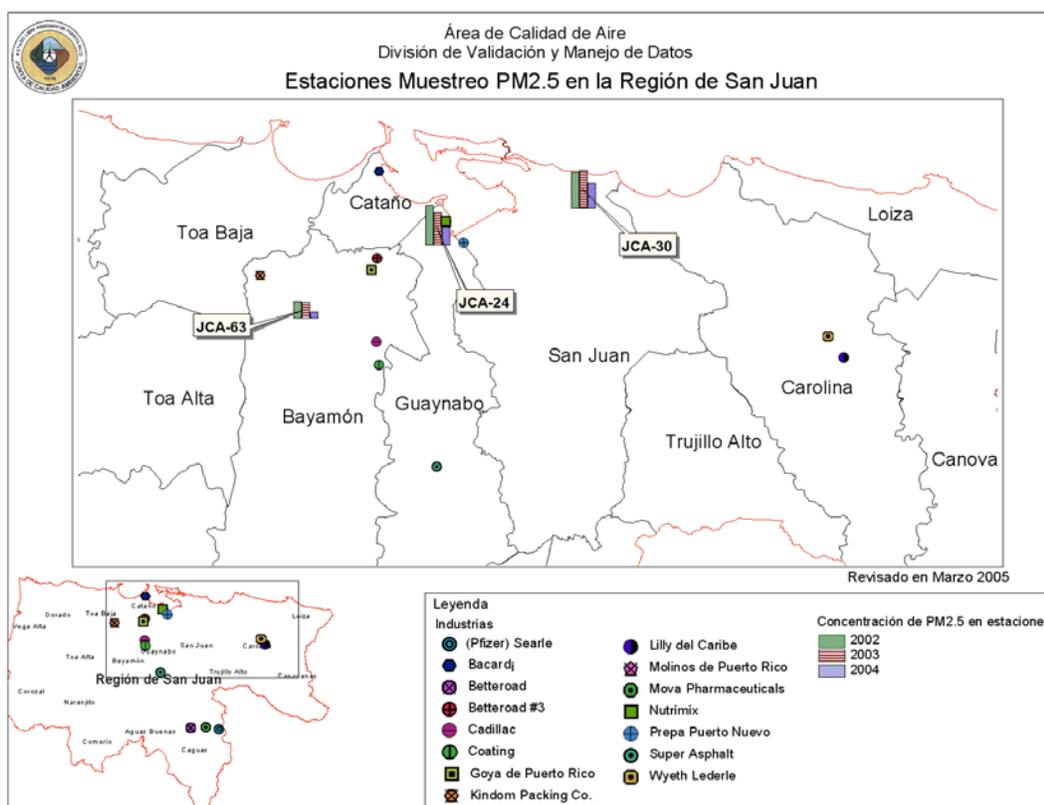


**1. Región Central**

La región central es donde hay mayor concentración de tráfico vehicular, mucha población, tráfico marítimo (661 cruceros en 2004), y una considerable cantidad de industrias. Además, por la poca vegetación que tiene esta región, es más difícil la dispersión de los contaminantes. En el área metropolitana se encuentran instaladas cuatro estaciones de muestreo para material particulado (PM<sub>2.5</sub>). Las industrias que emitieron más toneladas de contaminantes PM<sub>2.5</sub> al año fueron PREPA Puerto Nuevo (293.28), Goya de PR (1.67) y Coating (0.11). En esta área, las industrias

no son las únicas causantes de emitir contaminantes, ya que en algunos de los municipios que componen la región ocurrieron diferentes tipos de incendios registrados (1,168) en el 2004.

**MAPA 4.11**



La estación #24 está ubicada en la subestación de energía eléctrica en Guaynabo y su frecuencia de muestreo es diaria. En ésta estación se analizaron 321 valores. Ninguno de éstos sobrepasó las normas nacionales establecidas. Los meses de junio hasta agosto fueron donde hubo mayor concentración, y la causa principal es que cuando se registraron, ocurrieron eventos de bruma. La concentración máxima para 24 horas fue de 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrada en agosto. La media anual de la concentración de PM<sub>2.5</sub> en la estación #24 fue de 7.36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , disminuyendo en un 1.28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con un 8.64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrado en el 2003.

La estación #30 se encuentra en la Ave. Baldorioty de Castro en San Juan. Esta estación también monitorea diariamente. Se analizaron 255 resultados y el 100% de los datos no superaron la norma nacional. La concentración máxima para la estación #30 fue 21.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en junio. La media anual para el 2004 fue de 7.68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , logrando una disminución de 1.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en comparación a la concentración reportada en el 2003, que fue 9.38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La estación #63 está ubicada en la escuela Juan Morel Campos, Villa Rica Bayamón. Esta monitorea cada tres días y se analizaron 102 datos. Todos los datos cumplieron con la norma nacional establecida. La concentración máxima en 24 horas fue de  $15.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el 2004 la media anual de esta estación fue de  $5.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , logrando una reducción de  $1.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, que registró  $6.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el Municipio de Caguas se encuentra la estación #55, ubicada en la Calle Muñoz Rivera y Georgetty. Esta estación monitorea todos los días y es de monitoreo continuo (se calcula promedio de horas cada cinco minutos). La estación comenzó en mayo de 2003. Las industrias que más toneladas de contaminantes emitieron en la zona fueron las empresas Pfizer ( $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Mova ( $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Según datos reportados por el Departamento de Bomberos, se registraron en Caguas 332 diferentes tipos de incendios.

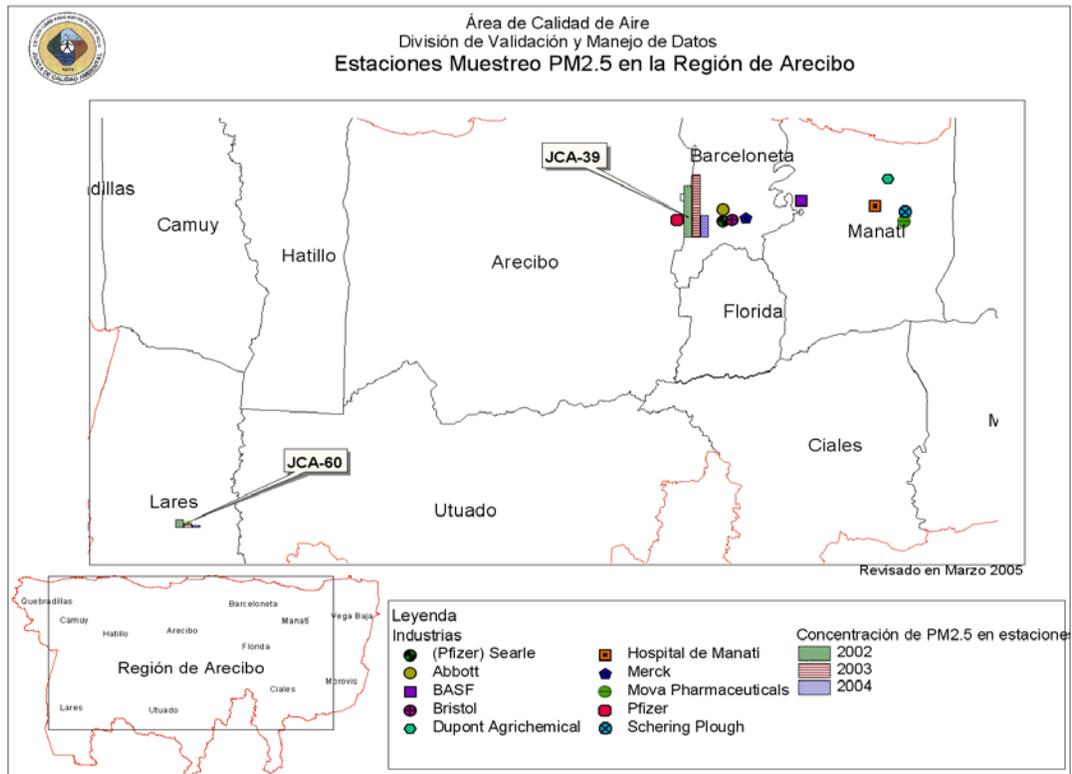
Se analizaron 8,141 datos. Ninguno de éstos superó las normas establecidas. La concentración máxima para 24 horas fue de  $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registradas en agosto. La media anual en el 2004 fue de  $6.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , reduciéndose en  $0.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, que registró una media anual de  $7.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## **2. Región de Arecibo**

La región de Arecibo se compone de varios municipios, los cuales se detallan en el mapa a continuación. Esta área es conocida por su distribución industrial y la gran cantidad de farmacéuticas establecidas. Se presume que la mayoría de sus emisiones provienen de las fuentes estacionarias en el área. Las industrias que emitieron más toneladas de  $\text{PM}_{2.5}$  al año fueron Abbott (7.13) y Bristol (6.62). En cuanto a incendios, para el 2004 el Departamento de Bomberos registró 153 tipos de incendios.

Los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$ , según los datos colectados, están por debajo de la norma nacional. El promedio anual aritmético de los tres años para  $\text{PM}_{2.5}$  (2002 al 2004) fue de  $7.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos datos recolectan los valores de los municipios del área de Arecibo, donde se hace un muestreo del contaminante en los municipios de Barceloneta y Lares.

**MAPA 4.12**



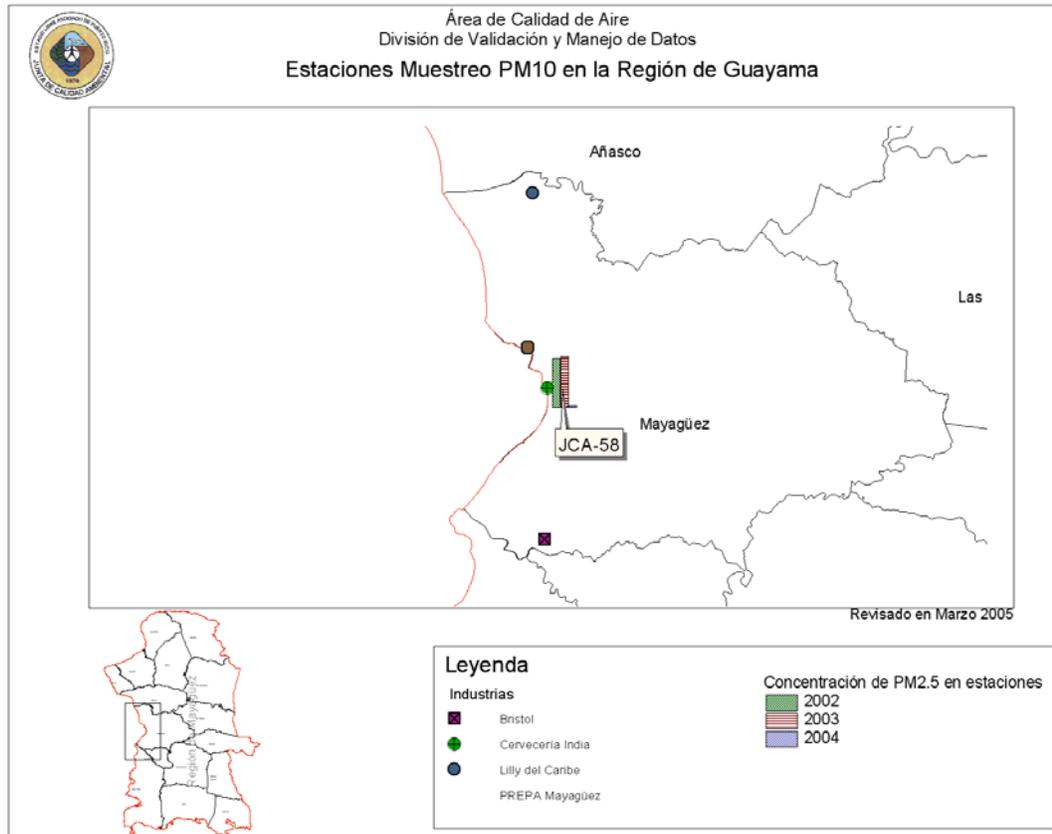
El Municipio de Barceloneta cuenta con la estación #39 de muestreo continuo y monitorea cada cinco minutos para PM<sub>2.5</sub>. La misma está ubicada en el Barrio Tiburones. En el 2004 se puede observar una disminución en las concentraciones de la estación. Se analizó 7,818 datos para 24 horas y ninguno de los valores superó la norma establecida. La máxima concentración para 24 horas fue de 32.9 µg/m<sup>3</sup> y disminuyó en 10.6 µg/m<sup>3</sup> comparado con el 2003, cuando hubo una concentración de 43.5 µg/m<sup>3</sup>.

La estación #60 está ubicada en la Escuela Las Américas del municipio de Lares. Esta estación hacía un muestreo de cada tres días, pero fue cerrada el 31 de septiembre del 2004. Se analizaron 73 datos en concentración de 24 horas y los valores cumplieron con la norma establecida. Durante el 2004 la máxima concentración en 24 horas fue de 18.6 µg/m<sup>3</sup>. La estación registró una media anual de 5.62 µg/m<sup>3</sup>, logrando una reducción de 0.19 µg/m<sup>3</sup>, registrada en el 2003.

### 3. Región de Mayagüez

En el municipio de Mayagüez se encuentra la estación #58 y está ubicada en la Escuela Dr. Pedro Perea. Esta estación monitorea cada tres días para toda el área de Mayagüez, que se compone de varios municipios detallados en el mapa a continuación. El área es una gran zona industrial, con bastante tráfico vehicular y diversas construcciones en desarrollo.

**MAPA 4.13**



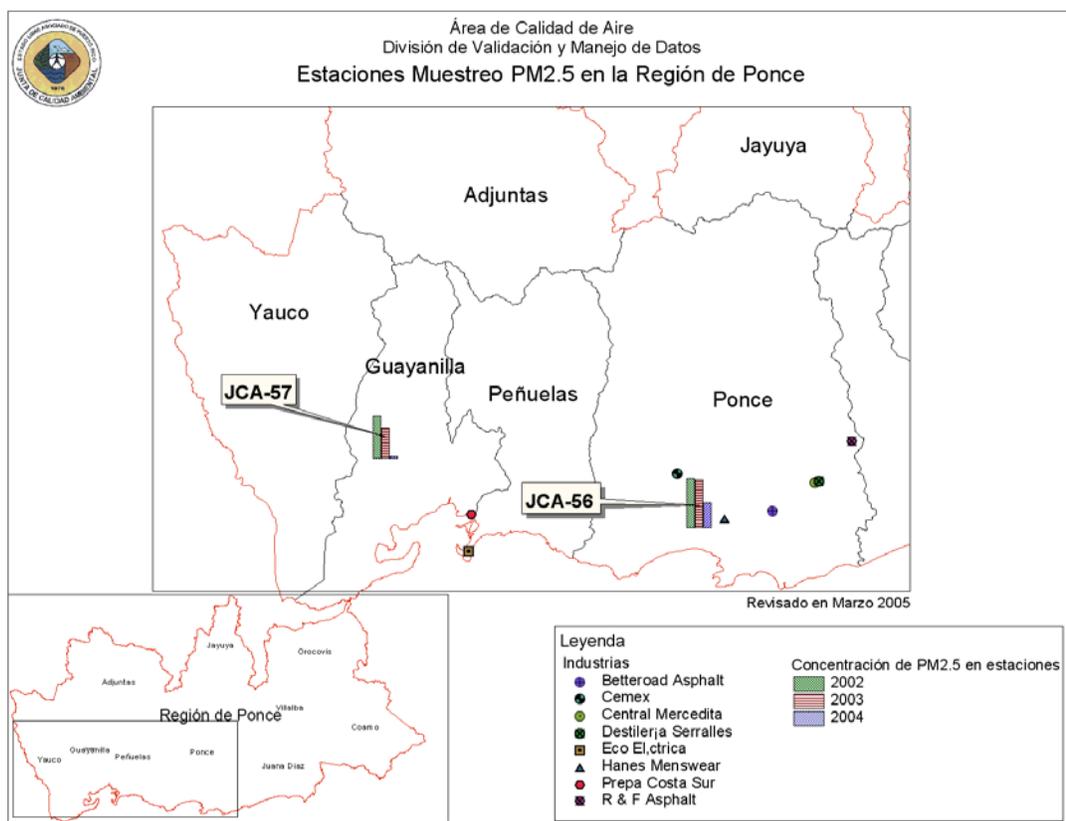
Las industrias que emitieron más toneladas de material particulado 2.5 al año fueron Cervecería India (6.32) y BB Acquisition (2.12). Otro factor de contaminación atmosférica son los diferentes tipos de incendio, de los cuales se registraron 277 en Mayagüez en el 2004. A pesar de estos contaminantes, la estación #58 cumplió con los estándares establecidos. En el 2004 se analizaron 99 datos y la máxima concentración en 24 horas fue de  $16.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media anual en la estación #58 para el 2004 fue de  $6.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la cual se redujo en un  $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, que registró  $7.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4. Región de Ponce

La región de Ponce se compone de diez municipios, detallados en el Mapa 4.14. Durante el 2004 había una actividad industrial intensa en la zona con evidentes indicios de impacto ambiental, especialmente en la calidad de las aguas, suelos y aire. Dada la localización de la ciudad de Ponce y el municipio de Guayanilla, existen varios polígonos industriales situados entre la ciudad y la costa. Es importante señalar que la calidad del aire de la ciudad está condicionada por las emisiones de una gran variedad de procesos industriales, construcciones de carreteras, tráfico vehicular en

horas pico, incendios espontáneos que pueden tener un impacto negativo en la calidad de vida de la ciudadanía.

**MAPA 4.14**



En el 2004 la JCA contó con dos estaciones en toda la región de Ponce para materia particulada 2.5 (PM<sub>2.5</sub>), una en Ponce y otra en Guayanilla. Las industrias que emitieron más toneladas de material particulado (PM<sub>2.5</sub>) al año en Ponce fueron Cemex (13.91) y Destilería Serrallés (9.20). En Guayanilla fueron PREPA Costa Sur (991.20) y Eco Eléctrica (34.40). Durante el 2004 se registró 486 diferentes tipos de incendios, según datos reportados por el Departamento de Bomberos en Ponce. Para el municipio de Guayanilla se reportó 71 tipos de incendios, lo cual puede alterar la concentración en el promedio de 24 horas para PM<sub>2.5</sub>.

La estación #56 se encuentra ubicada en la Urb. San Antonio en la Defensa Civil de Ponce. Se instaló con el propósito de proteger la población y se monitorea cada tres días. Se analizaron 103 datos en concentración para 24 horas. La concentración máxima en 24 horas para PM<sub>2.5</sub> fue de 16.8 µg/m<sup>3</sup> en junio, cuando en Puerto Rico hubo varios días con eventos naturales (Polvo de Sahara). Los datos de PM<sub>2.5</sub> reflejan una disminución para el 2004 de 0.9 µg/m<sup>3</sup>, con una concentración de 6.49 µg/m<sup>3</sup> media anual aritmético comparado con el 2003, que tuvo una media de 7.39 µg/m<sup>3</sup>. En el 2004 la estación #58 cumplió con la norma establecida.

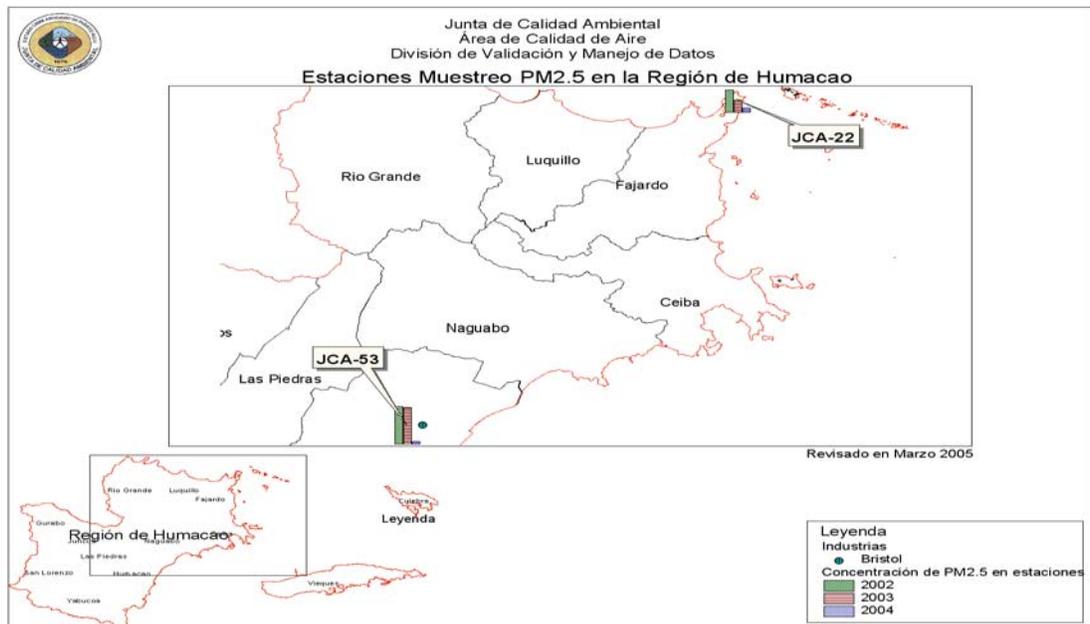
En el municipio de Guayanilla se encuentra la estación #57, ubicada en la Carretera 377 del Barrio Quebrada, que monitorea cada tres días. Se analizaron 95 datos para concentración en 24 horas de material particulado 2.5. La concentración máxima fue de  $15.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas registrada en agosto, donde se registró un evento de bruma. En los datos de  $\text{PM}_{2.5}$  se puede observar una disminución para el 2004 de  $1.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una concentración de  $5.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media anual aritmético, comparado con el 2003, que tuvo una media de  $6.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el 2004 la estación #57 cumplió con la norma establecida.

### 5. Región de Humacao

La región de Humacao se compone de los municipios que se detallan en el Mapa 4.15. Las estaciones de la región de Humacao son las siguientes: Fajardo #22, que se encuentra ubicada en el Faro de Fajardo, monitorea los 365 días del año y su propósito es recibir el impacto de los fenómenos naturales (bruma y ceniza volcánica); y la estación #53, ubicada en la Calle Gladiola y Girasol en Humacao, cuyo propósito es proteger a la ciudadanía. Esta estación monitorea cada tres días.

En el municipio de Humacao existen varias industrias que emiten contaminantes atmosféricos. La industria que emitió más contaminantes al año por la Regla 410 fue Seamles Textile (0.88), seguida por Bristol (0.50). A pesar de estos factores de contaminantes, el promedio anual aritmético fue de 5.09 en la región de Humacao, donde se cumplió con la norma nacional.

**MAPA 4.15**



En la estación #22 de Fajardo se analizaron 246 datos para material particulado  $PM_{2.5}$ . En el 2004 la estación reportó una concentración máxima  $16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cumpliendo así con la norma establecida. La estación registra 45 eventos de bruma al año. De junio hasta agosto fue cuando más eventos de bruma se reportaron y cenizas del Volcán Monserrate, con 7 días de monitoreo. La estación obtuvo una concentración máxima en 24 horas de  $16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para agosto con 246 datos analizados. Según datos reportados por el Departamento de Bomberos, en el municipio se registró 291 tipos de incendios. A pesar de una gran cantidad de incendios e industrias, la estación de Fajardo en los últimos tres años ha cumplido con la norma nacional.

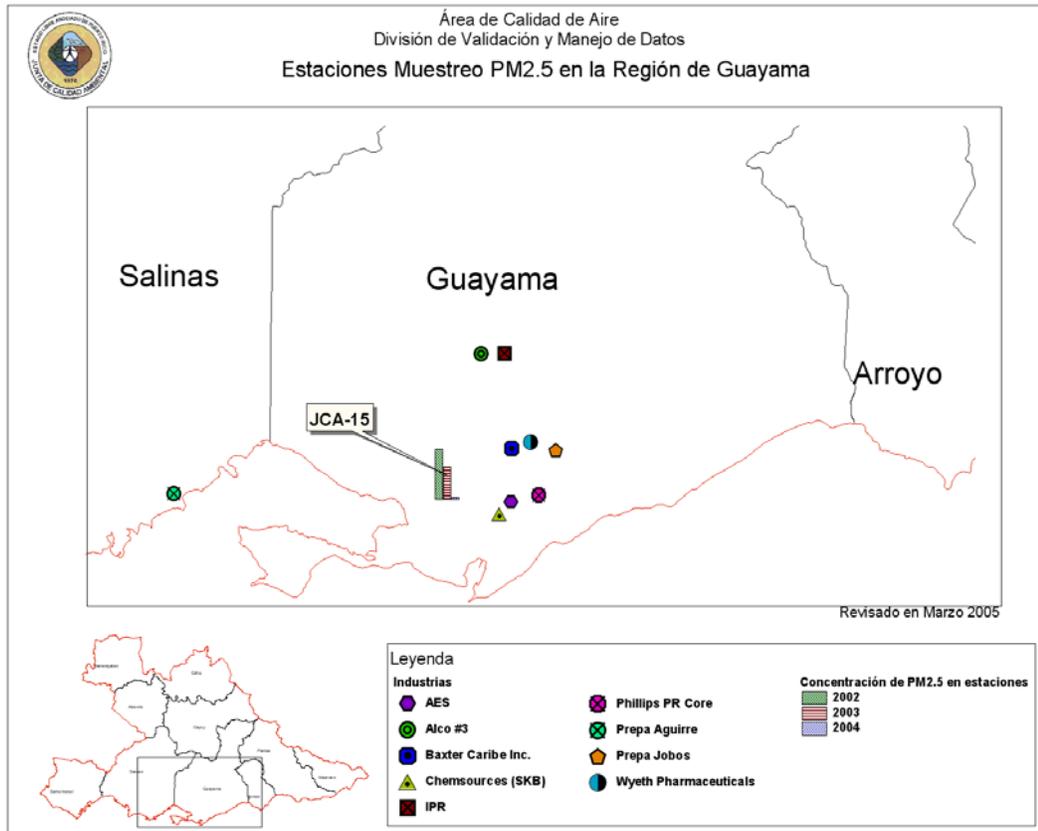
En la estación #53, ubicada en Humacao, se analizaron 97 datos en concentración de 24 horas para  $PM_{2.5}$ . Se registró 18 eventos de bruma en el año. En agosto fue donde más eventos de bruma se reportaron. Además, se reportaron dos eventos de cenizas del Volcán Monserrate durante el monitoreo. La estación obtuvo una concentración máxima en 24 horas de  $15.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media anual fue de  $4.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que representa una reducción de un  $0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el 2003, cuando se reportó un  $5.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **6. Región de Guayama**

La región de Guayama está compuesta por varios municipios (ver Mapa 4.16). La estación de Guayama para material particulado 2.5 ( $PM_{2.5}$ ) monitorea cada tres días. La estación #15, ubicada en el Barrio Jobos, se instaló con el propósito de proteger la población.

El municipio de Guayama cuenta con varias industrias que emiten contaminantes, según lo define la Regla 410. Las industrias que emitieron más toneladas de material particulado ( $PM_{2.5}$ ) al año fueron la Central Termoeléctrica de Aguirre (922.67) y la planta cogeneradora de AES (142.64).

**MAPA 4.16**



En el municipio de Guayama se reportaron 391 tipos de incendios. Estos pueden afectar la calidad de aire en la región. Sin embargo, la estación #15 no excedió la norma nacional en el 2004. La concentración fue de 5.53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la media anual aritmético, logrando una reducción de 0.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  comparado con el año 2003, que reportó 5.95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la estación #15 se analizaron 97 datos de la concentración de PM<sub>2.5</sub> en 24 horas. Ninguno de los valores superó la norma nacional. La concentración máxima para 24 horas fue de 15.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en junio.

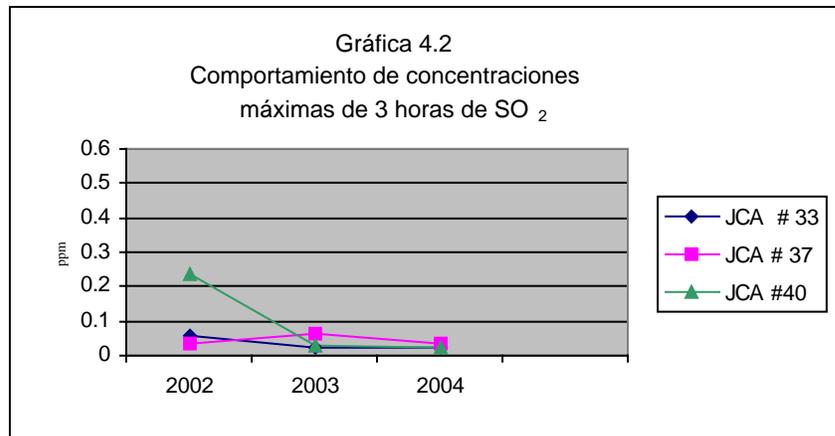
### Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

El bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, no-inflamable, con un olor irritante en altas concentraciones. El mismo se produce por la combustión de carbón y petróleo en las industrias y plantas de energía eléctrica.

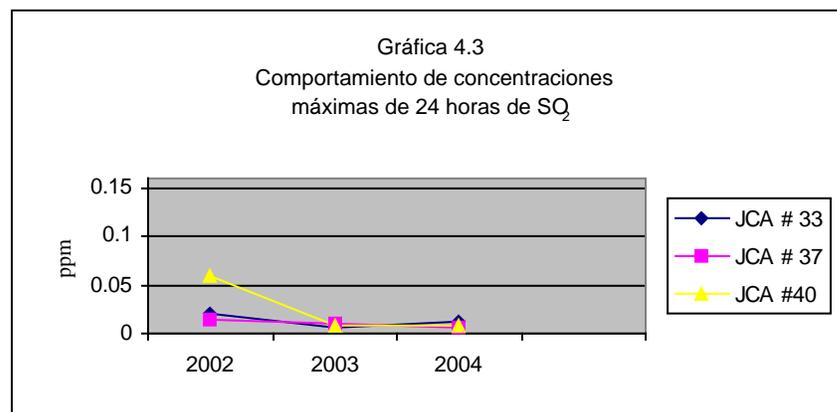
Las normas establecidas según el Acta de Aire Limpio para promedio de tres horas es de 0.50ppm (1300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como norma secundaria y promedio de 24 horas de 0.14ppm (365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como norma primaria y, finalmente, el Promedio Anual Aritmético de 0.03ppm (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A continuación se presentan los resultados de la evaluación de los datos recopilados durante los últimos tres años en las estaciones de monitoria ubicadas en algunas regiones de la Isla.

**1. Región Central**

- ❖ Se analizaron datos de las siguientes estaciones: JCA #33 en Buchanan (24,961), JCA #37 en Bayamón (24,124) y JCA #40 en Cataño (24,886).
- ❖ El 100% cumple con la norma establecida de tres horas.
- ❖ La concentración máxima se observó en la estación JCA #40 en Cataño, que representa el 46% de la norma de tres horas.
- ❖ Ninguno de los monitores alcanzó una concentración igual o mayor al 50% de la norma establecida de tres horas.



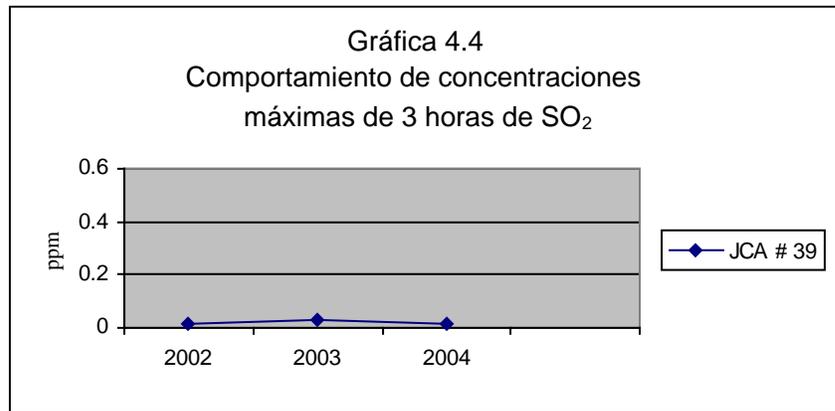
- ❖ El 100% cumple con la norma establecida para 24 horas.
- ❖ La concentración máxima se observó en la estación JCA #40 en Cataño, que representa el 43% de la norma de 24 horas.
- ❖ Ninguno de los monitores alcanzó una concentración igual o mayor al 50% con respecto a la norma establecida para 24 horas.



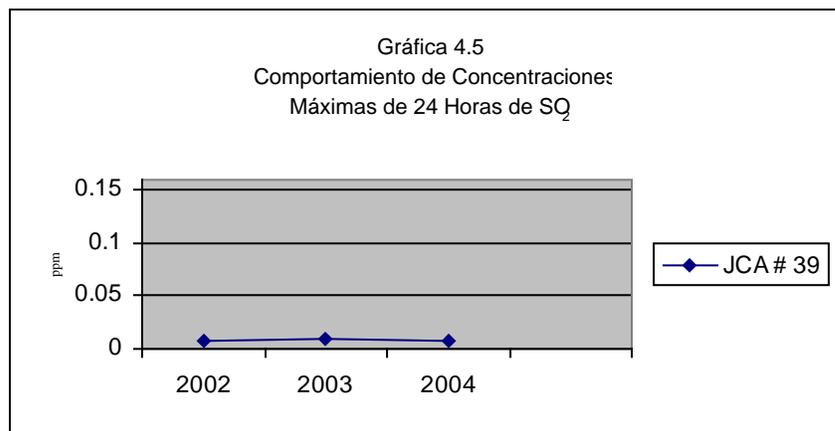
**2. Región de Arecibo**

El estudio corresponde al monitor ubicado en la Carretera 1 del Barrio Tiburón en Barceloneta. Este monitor está orientado a altas concentraciones, ya que está ubicado en una zona industrial donde predominan las farmacéuticas.

- ❖ Se analizaron 24,183 datos para el periodo del estudio.
- ❖ El 100% cumple con la norma establecida para tres horas.
- ❖ En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de tres horas.



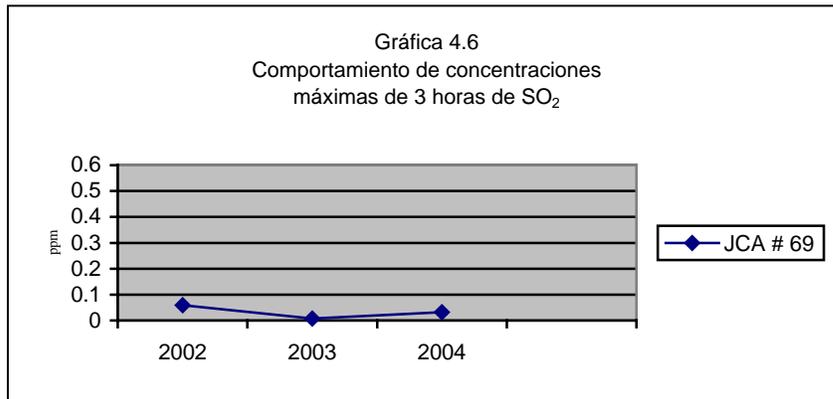
- ❖ El 100% cumple con la norma establecida para 24 horas.
- ❖ La concentración máxima se observó en el 2003 con .009 ppm, que representa el 6% con respecto a la norma de 24 horas.
- ❖ En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 24 horas.



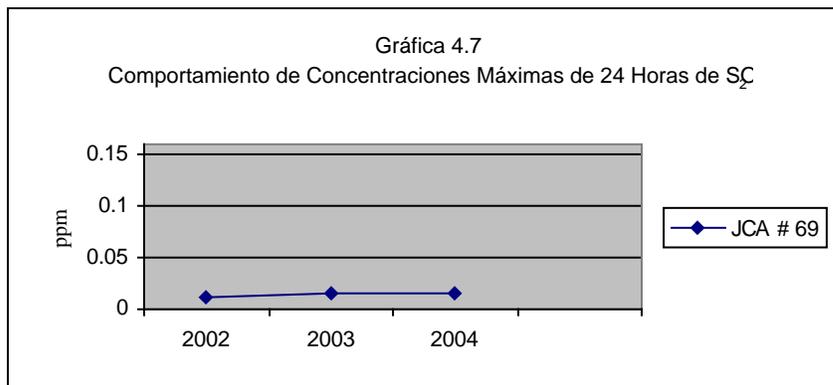
### 3. Región de Guayama

El estudio corresponde al monitor ubicado en el estacionamiento de la Comandancia de Guayama de la Policía de Puerto Rico. Este monitor está orientado a altas concentraciones, ya que está ubicado en una zona industrial donde predominan las Industrias de Petróleo y Termoeléctricas.

- ❖ Se analizaron 24,183 datos para el periodo del estudio.
- ❖ El 100% cumple con la norma establecida para tres horas.
- ❖ La concentración máxima se observó en el 2004, con 0.032 ppm, esto es un 6% con respecto a la norma.
- ❖ En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de tres horas.



- ❖ El 100% cumple con la norma establecida para la norma de 24 horas.
- ❖ La concentración máxima se observó en el 2004 con 0.016 ppm, que representa el 11% con respecto a la norma de 24 horas.
- ❖ En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 24 horas.

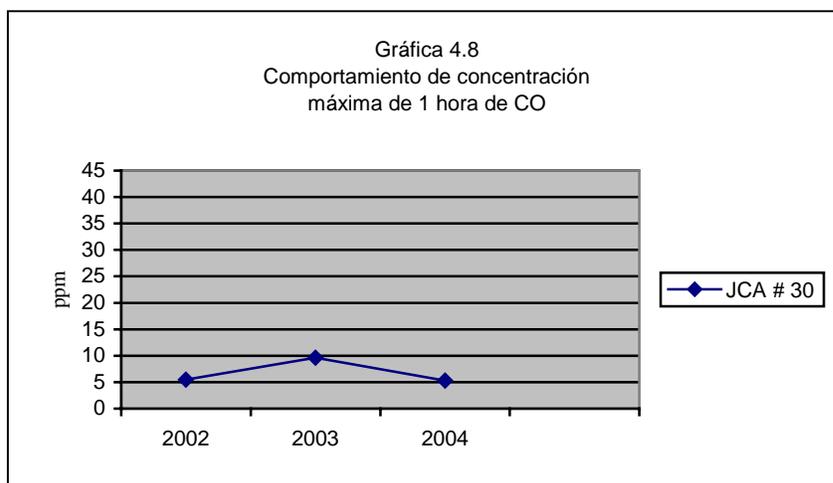


Monóxido de Carbono (CO)

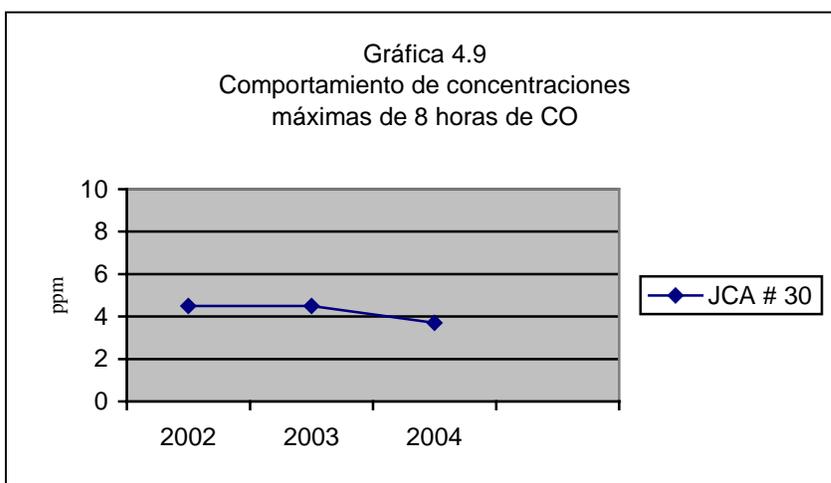
El Monóxido de Carbono está presente en la combustión incompleta de combustibles fósiles, en los automóviles, el cigarrillo y en los incendios. Este gas reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, agrava las enfermedades respiratorias y del corazón.

Las normas primarias establecidas para este contaminante en promedio de ocho horas es de 9 ppm ( $10 \text{ mg/m}^3$ ) y promedio de una hora de 35 ppm ( $40 \text{ mg/m}^3$ ). La evaluación de los datos obtenidos para el 2002, 2003 y 2004 se presentan a continuación.

- ❖ Las concentraciones corresponden al monitor ubicado en el expreso Baldorioty de Castro con 24,360 datos.
- ❖ El 100% de los datos observados cumple con la norma establecida.
- ❖ La máxima se observó para el 2003 y representa el 27% con respecto a la norma.
- ❖ La JCA tiene un nuevo monitor ubicado en la Ave. Fernández Juncos, Santurce, que no se consideró para este estudio por comenzar el muestreo en julio del 2004.



- ❖ La concentración máxima de ocho horas representa el 50% de la norma establecida.
- ❖ El 100% de los datos observados cumplen con la norma de ocho horas.
- ❖ Las concentraciones de ocho horas fluyen entre 1.6ppm y 4.5 ppm.



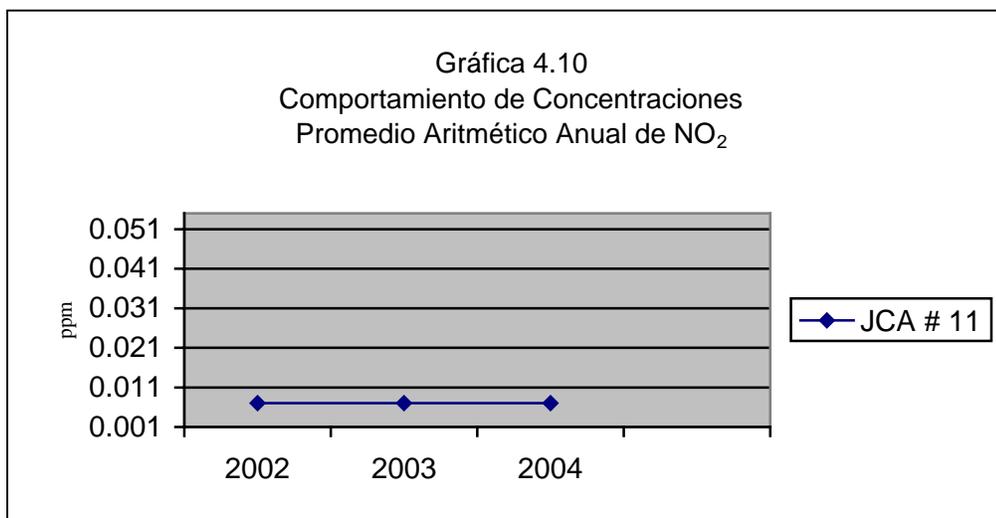
### Bióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Este contaminante proviene de la quema de combustible a temperaturas sumamente altas, ya sea en industrias o plantas de energía eléctrica. También las emisiones de los vehículos de motor contribuyen a estas concentraciones.

El NO<sub>2</sub> es un gas de color rojo que afecta en gran medida las vías respiratorias y agrava las enfermedades cardiovasculares. Inhibe el crecimiento de las plantas, reduce la visibilidad, contribuye a la lluvia ácida y da lugar a la formación de ozono.

La norma primaria establecida para este contaminante en promedio aritmético anual es de 0.053ppm (100 µg/m<sup>3</sup>). A continuación la evaluación de los datos obtenidos para el 2002, 2003 y 2004.

- ❖ Se analizaron 20,869 datos de concentraciones de una hora de NO<sub>2</sub>.
- ❖ La máxima del promedio aritmético anual representa un 13% con respecto a la norma.
- ❖ Ninguna muestra observada alcanzó el 50% con respecto a la norma.
- ❖ El 100% de los datos cumple con la norma establecida de .053 ppm (100 µg/m<sup>3</sup>)
- ❖ En tres años estudiados las concentraciones fluctuaron entre .004 ppm y .010 ppm.



### Fuentes de Contaminación

Las emisiones son descargas directas o indirectas a la atmósfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos o descarga de energía en cualquiera de sus formas. Son generadas de diferentes maneras, a través de químicos y partículas emitidas por diversas fuentes, ya sean fuentes fijas o fuentes móviles.

Un inventario de emisiones es un informe cualitativo y cuantitativo de las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por una o varias fuentes en el cual se identifican los tipos de contaminantes que son emitidos y su concentración, como por ejemplo: monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), compuestos orgánicos volátiles (VOC), o materia particulada (PM). Estos son conocidos como contaminantes criterio, ya que son los más perjudiciales a la salud y, a su vez, sirven de medición para la calidad del aire. También se identifican los procesos utilizados en cada tipo de fuente. La unidad de medida es en toneladas por año.

El inventario de emisiones tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de las normas de calidad de aire. Es de suma importancia para el control de la contaminación atmosférica. Entre los usos de un inventario de emisiones están los siguientes:

- ❖ Identificar qué tipos de fuentes existen en un área determinada y cómo están distribuidas geográficamente.
- ❖ Identificar qué tipo de contaminantes emiten, en qué cantidad y qué tipo de proceso y tecnología existen en el área.
- ❖ Identificar los equipos de control que se emplean.

- ❖ Identificar cuál es el grado de control que se tiene en las fuentes y qué impactos tienen en el área.
- ❖ Sirve para identificar las fuentes de riesgo como resultados de los altos niveles de contaminación.
- ❖ Puede ser usado para diseñar una red de muestreo de aire.
- ❖ Sirve para evaluar, diseñar o modificar un programa de control y en conjunto con un sistema de registros de permisos, sirve para proveer información al día de las fuentes mayores de contaminación.

Para realizar un inventario de emisiones, hay que determinar las fuentes, su localización y la cantidad de emisiones. Debe usarse un sistema de reporte uniforme para que sea más efectivo. Se utilizan los siguientes datos para los inventarios: equipos, combustibles, datos de chimeneas, contaminantes, emisiones, procesos, horarios de operación, otros. Esta información puede ser recopilada de diferentes maneras: por vía telefónica o a través de permisos y/o cuestionarios.

Para calcular y estimar las emisiones existen diferentes metodologías: modelos de emisiones (ejemplo: Tanks), Factores de emisión (*AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors*), Balance de Materiales (utilizado para estimar emisiones asociadas con la evaporación de solventes y emisiones de compuestos que contienen azufre).

El aire se contamina a consecuencia de dos actividades principales, las artificiales y las naturales. Las actividades artificiales se conocen como las humanas. Entre éstas están la producción industrial, la transportación y labores domésticas. Mientras las fuentes naturales son factores que contaminan independientemente de las actividades humanas, tales como los vientos que producen polvoreadas, erupciones volcánicas, la erosión del suelo y los incendios forestales. Además, las condiciones geográficas y urbanísticas son propulsoras de la contaminación, ya que son determinantes para que los contaminantes se concentren, se transformen o se dispersen en la atmósfera. Entre éstas se encuentran la altitud con respecto al nivel del mar, las planicies, las montañas, así como la distribución y la cantidad de calles, las industrias y otros usos existentes en la zona.

#### Emisiones de Industrias Reguladas bajo Regla 410

La Regla 410 regula el contenido máximo de azufre en el combustible. Actualmente hay 136 industrias bajo la Regla 410 que se distribuyen de la siguiente manera: 30 industrias en la región de Arecibo, 40 industrias en la región Central, 19 en la región de Guayama, 17 en la región de Humacao, 17 en la región de Mayagüez y 13 en la región de Ponce.

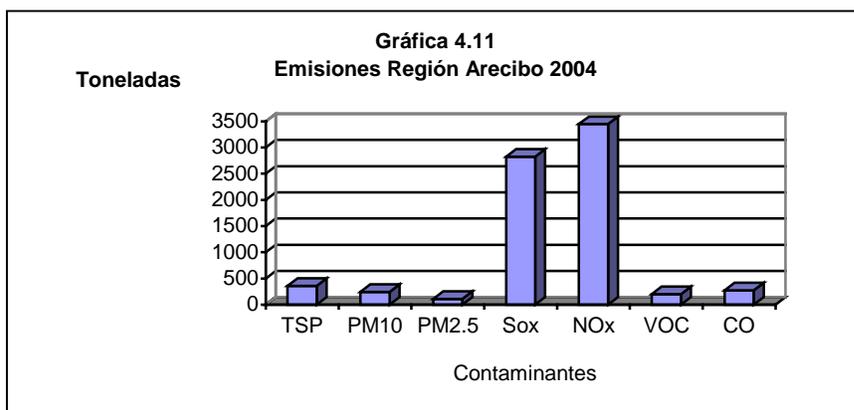
Mediante esta Regla, se le requiere a las industrias enviar a la JCA un informe mensual en el cual indican la cantidad de combustible quemado, el promedio del azufre utilizado en el combustible y el factor de carga de los equipos. Este último lo que significa es la proporción a la cual se opera un equipo de combustión, basada en la capacidad máxima de operación según su diseño. Este informe es el instrumento que le permite a la JCA tener un inventario generalizado de las emisiones que generan las industrias regidas bajo esta Regla. Además, permite contabilizar la cantidad de combustible quemado por las distintas industrias en Puerto Rico y utilizarlo como un instrumento de medida para planificación y protección del ambiente.

Hay diferentes metodologías para calcular las emisiones. En este caso se utiliza los reportes bajo la Regla 410 de cada una de las industrias y los factores de emisión de la AP-42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factor*. Los factores de emisión son los promedios estimados de la tasa en la cual los contaminantes son descargados a la atmósfera. Estos se relacionan con la cantidad de actividad (consumo).

En este Informe Ambiental se incluyen las emisiones actuales bajo esta Regla a nivel de todo Puerto Rico. Las mismas están desglosadas a través de las diferentes regiones por los diferentes contaminantes como partículas totales suspendidas, materia particulada (PM), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (VOC), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb).

#### 1. **Región de Arecibo:**

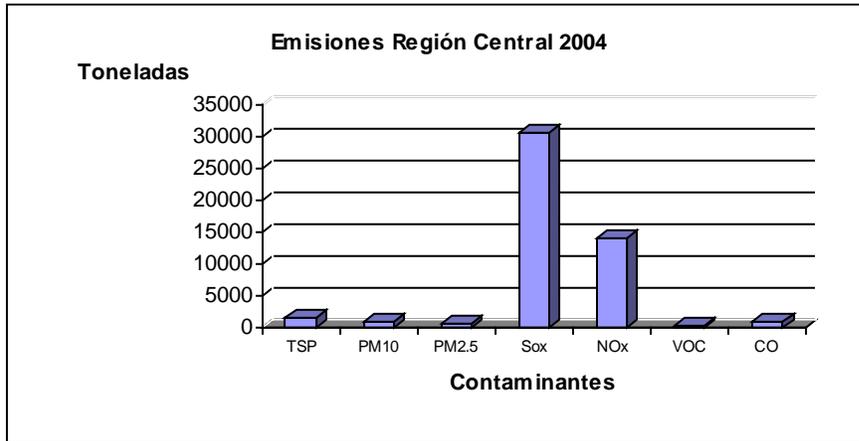
En la región de Arecibo se emitieron 7,406.31 toneladas, que se desglosan de la siguiente manera: 360 de TSP (partículas totales suspendidas); 243.5 de PM<sub>10</sub> (materia particulada cuyo diámetro es igual o menor que 10 micrones); 109.57 de PM<sub>2.5</sub> (materia particulada cuyo diámetro es igual o menor que 2.5); 2,824 de SO<sub>2</sub> (bióxido de azufre); 3,447 de NO<sub>x</sub> (bióxido de nitrógeno); 202 de VOC (compuestos orgánicos volátiles); y 276 de CO (monóxido de carbono). El contaminante que más se emitió fue NO<sub>x</sub>, seguido por SO<sub>x</sub>.



**2. Región Central**

Las emisiones actuales totales fueron 49,220.90 toneladas. Los contaminantes emitidos en la región Central fueron los siguientes: 1,706 toneladas de TSP; 1,069.53 de PM<sub>10</sub>; 481.29 de PM<sub>2.5</sub>; 30,626 de SO<sub>x</sub>; 13,915 de NO<sub>x</sub>; 169 de VOC; y 961 de CO. El contaminante que más se emitió fue SO<sub>x</sub>, luego NO<sub>x</sub>.

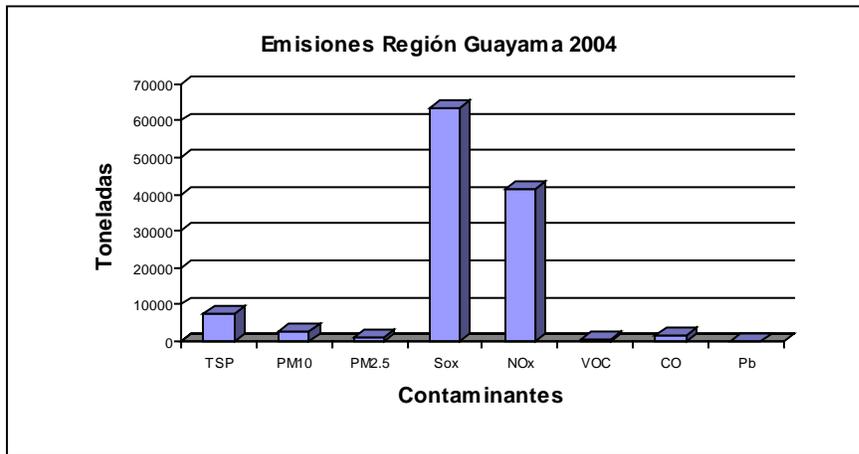
**GRÁFICA 4.12**



**3. Región de Guayama**

En esta región se emitió los siguientes contaminantes: 7,326 toneladas de TSP; 2,588.93 de PM<sub>10</sub>; 1,165.02 de PM<sub>2.5</sub>; 63,454 de SO<sub>x</sub>; 42,268 de NO<sub>x</sub>; 459 de VOC; 1,791 de CO; y 1 de Pb (plomo); para un total de 118,014.46 toneladas a nivel de la región. El contaminante que más se emitió fue SO<sub>x</sub>, seguido por NO<sub>x</sub>.

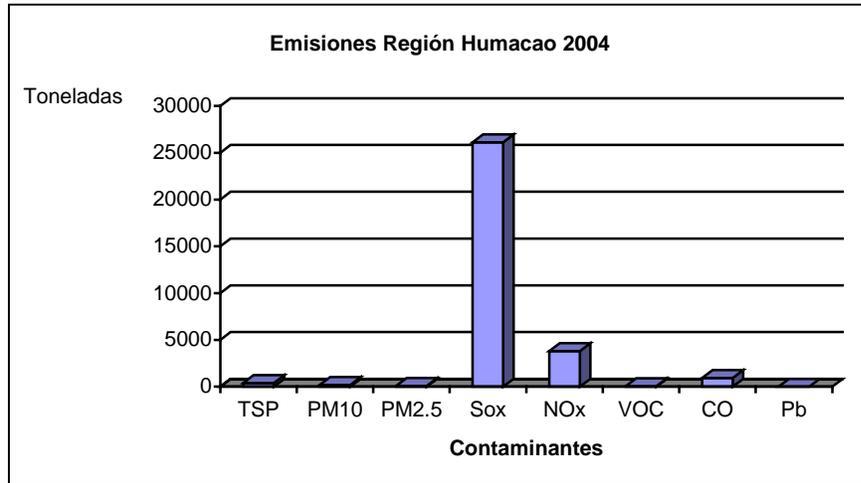
**GRÁFICA 4.13**



**4. Región de Humacao**

En la región de Humacao se emitió 382.39 toneladas de TSP; 194.88 de PM<sub>10</sub>; 87.7 de PM<sub>2.5</sub>; 26,122.91 de SO<sub>x</sub>; 3,807.46 de NO<sub>x</sub>; 46.41 de VOC; 921.70 de CO; y 0.24 de Pb. El contaminante que más se emitió fue SO<sub>x</sub>, luego NO<sub>x</sub>. El total de toneladas emitidas en esta región fue 31,524.84.

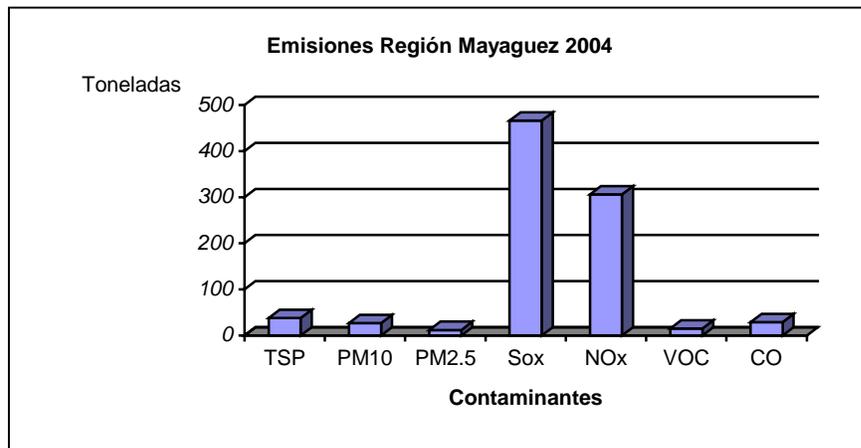
**GRÁFICA 4.14**



**5. Región de Mayagüez**

Los siguientes contaminantes fueron emitidos en esta región: 38 toneladas de TSP; 26.68 de PM<sub>10</sub>; 12.01 de PM<sub>2.5</sub>; 466 de SO<sub>x</sub>; 306 de NO<sub>x</sub>; 15 de VOC; y 29 de CO. El contaminante que más se emitió fue SO<sub>x</sub>. El total de toneladas emitidas fue 889.92.

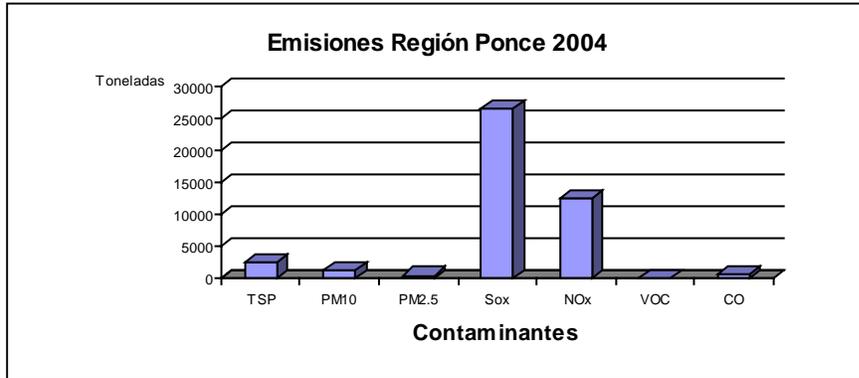
**GRÁFICA 4.15**



**6. Región de Ponce:**

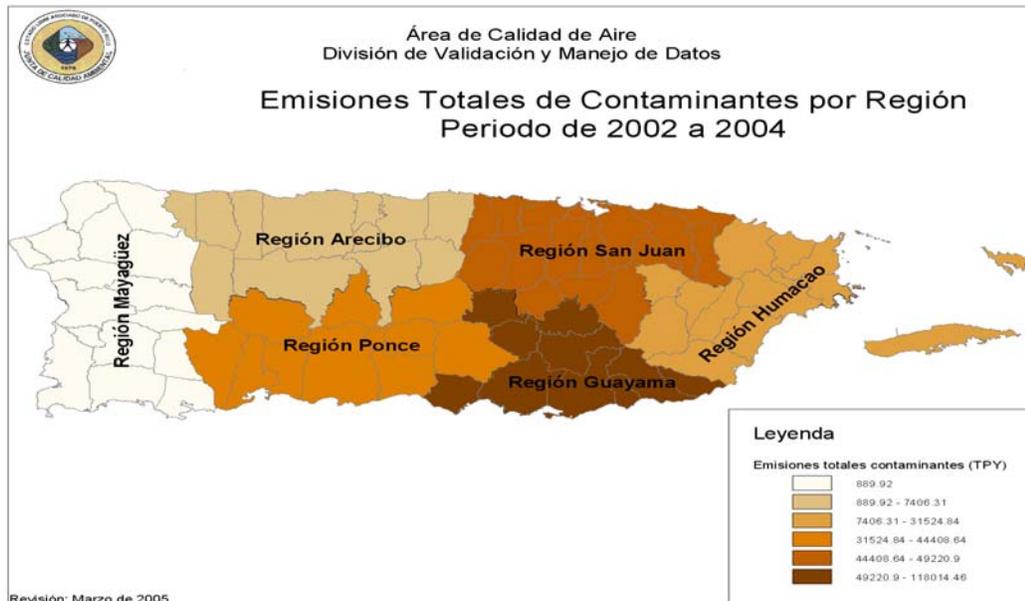
En esta región se emitió 44,408.64 toneladas para los siguientes contaminantes: 2,552 de TSP; 1,366.84 de PM<sub>10</sub>; 615.08 de PM<sub>2.5</sub>; 26,377 de SO<sub>x</sub>; 12,503 de NO<sub>x</sub>; 119 de VOC; y 775 de CO. El contaminante que más se emitió fue SO<sub>x</sub>.

**GRÁFICA 4.16**



De las regiones antes mencionadas, la que reflejó más emisiones fue la de Guayama, con 118,014.46 toneladas, luego la Central con 49,220.90, Ponce con 44,408.64, Humacao con 31,524.84, Arecibo con 7,406.31 y Mayagüez con 889.92.

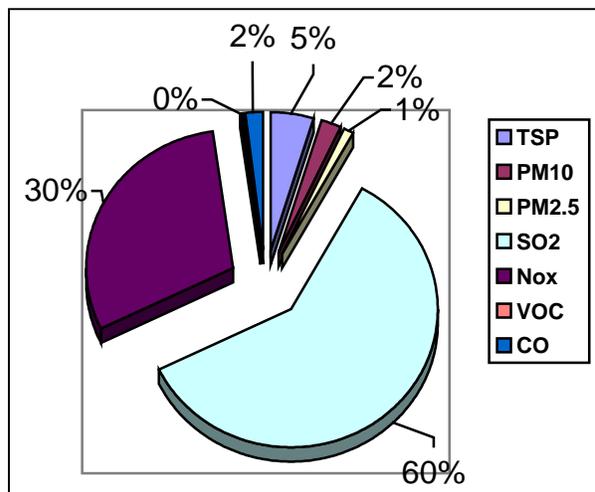
**MAPA 4.17**



En términos generales, las emisiones actuales para cada uno de los contaminantes criterios al nivel de todo Puerto Rico bajo la Regla 410 se desglosa de la siguiente manera:

**GRÁFICA 4.17**

<b>TABLA 4.2: EMISIONES ACTUALES PARA CADA CONTAMINANTE</b>	
<b>CONTAMINANTE</b>	<b>TONELADAS AL AÑO</b>
TSP	12,064.22
PM <sub>10</sub>	5,490.36
PM <sub>2.5</sub>	2,470.66
SO <sub>2</sub>	149,870.86
NO <sub>x</sub>	75,247.54
VOC	1,009.19
CO	4753.41
Pb	1.71



Los gráficos muestran que el bióxido de azufre es el contaminante más emitido, con un 60%, seguido de NO<sub>x</sub>, con 30%. Estudios demuestran que ambos contaminantes son los que más se emiten en el proceso de la combustión.

### Emisiones de Fuentes Móviles

El inventario de fuentes móviles tiene como objetivo principal, cuantificar las emisiones de contaminantes emitidas a la atmósfera que se originan por las unidades móviles. La EPA ha desarrollado programas de recolección de cantidades de datos con la intención de cuantificar la tasa de emisión de contaminantes emitidos por cada categoría individual de vehículos de motor. Los componentes primarios de un modelo de factores de emisión incluyen: los factores de emisión base, caracterización de la flota vehicular, características del combustible, condiciones de operación de los vehículos y efectos de las condiciones ambientales locales. Ninguno de estos factores puede ser estático, ya que la tecnología es dinámica y cambiante.

En la preparación del inventario de fuentes móviles en carreteras, las actividades vehiculares se expresan en términos de kilometraje recorrido por los vehículos. Las emisiones son expresadas en unidades de gramos de contaminante por kilómetro recorrido. También se consideran en este inventario las emisiones que se producen cuando el vehículo está estático. El total de kilómetros recorridos (VMT) puede ser estimado de distintas maneras:

- ❖ Observación directa.
- ❖ Contabilización del tráfico vehicular.
- ❖ Mediante modelos de redes de tránsito.

En Puerto Rico la JCA se encuentra desarrollando la metodología para la realización del inventario de emisiones de fuentes móviles. La Autoridad de Carreteras realizó un estudio para el Plan Metropolitano de Transportación San Juan 2025 y un Plan de Implementación Estatal (SIP, por sus siglas en inglés). Este Plan sólo incluyó la zona metropolitana. Para realizar este proyecto fue necesario realizar un estudio de tránsito y de calidad de aire. Los resultados reportados en este estudio indican que los niveles existentes y futuros para las emisiones de  $PM_{10}$  originados por polvo fugitivo y vehículos en la región metropolitana están muy por debajo de los niveles máximos del límite impuesto por el SIP (Emisión Budget) del 1990.

Los resultados del análisis de dispersión de aire en intersecciones o segmentos de carreteras considerados críticos (hot spots), demostraron que las cercanías de varios proyectos de mejoras viales no causarían nuevas violaciones de NAAQS para este contaminante.

1. **Caracterización  $PM_{2.5}$ :**

El  $PM_{2.5}$  es un contaminante de aire constituido por material sólido o líquido con diámetro menor o igual a 2.5 milésimas de milímetro. Son tan pequeñas que resultan invisibles a simple vista, sin embargo, son capaces de dispersar la luz y disminuyen la visibilidad a distancia; permanecen en la atmósfera por largo tiempo y recorren grandes distancias antes de ser removidas.

Algunas partículas de  $PM_{2.5}$  se emiten directamente a la atmósfera, como son las provenientes de la combustión de vehículos diesel y de gasolina. Las partículas de  $PM_{2.5}$  se forman también a partir de reacciones químicas de gases emitidas a la atmósfera, formando aerosoles de nitratos y sulfatos y de compuestos orgánicos. En menor proporción contribuyen las fuentes geológicas (suelo) y biológicas (polen).

Se le conoce como partículas finas en suspensión. El diámetro de un cabello humano es 20 veces mayor que una partícula de 2.5 micrómetros. Son capaces de producir efectos adversos a la salud al ser inhaladas, alterar el balance de los ecosistemas al depositarse y producir daños en los materiales expuestos a la intemperie.

Por ser tan diminutas, las partículas de  $PM_{2.5}$  pueden ingresar y depositarse en las partes del sistema respiratorio más internas, causando serios daños. Estudios recientes demuestran una asociación directa entre el aumento de las concentraciones de  $PM_{2.5}$  y la disminución de la función pulmonar, el incremento de visitas a salas de hospitales, agravamiento de afecciones pulmonares y cardiovasculares preexistentes, y la muerte prematura en personas que padecen esas afecciones.

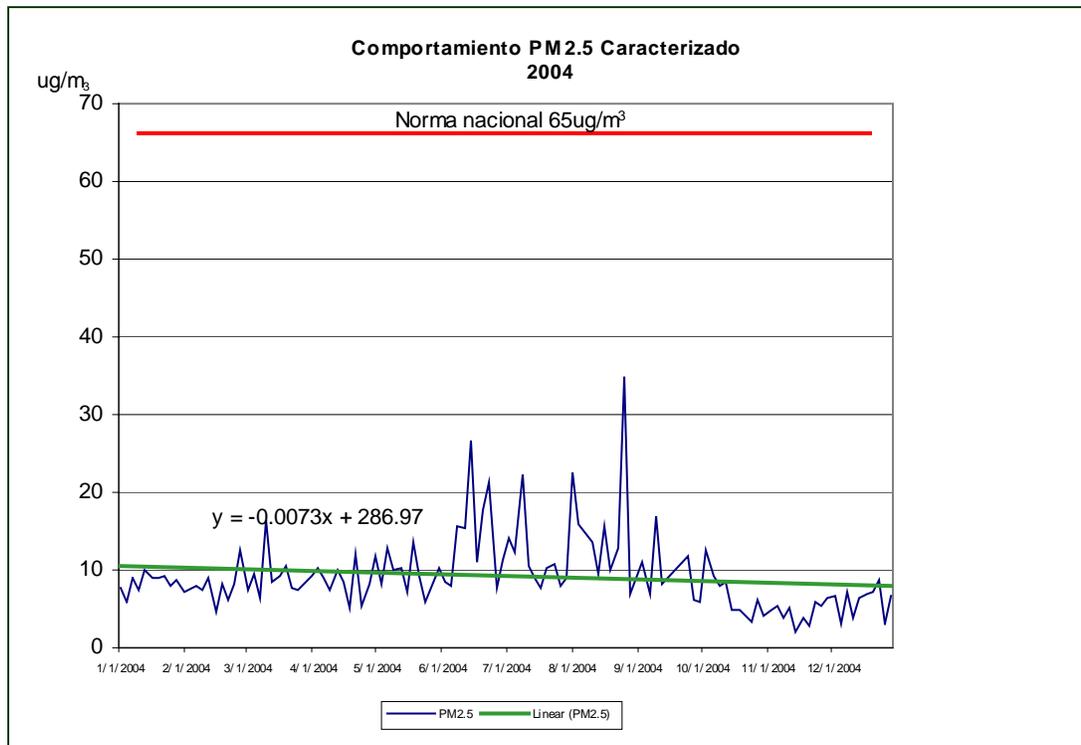
Las partículas de  $PM_{2.5}$  en la atmósfera contribuyen a la acidificación del agua de lluvia, la cual altera la composición de los suelos y mantos

**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

acuíferos, afectando a los organismos vivos que dependen de estos sistemas. También deteriora los monumentos históricos y estructuras. La disminución de la visibilidad también puede considerarse como un factor de daño al ecosistema.

Desde el 2002 se cuenta con una estación de PM<sub>2.5</sub>, cuyo propósito primordial es conocer o caracterizar el PM<sub>2.5</sub> emitido o presente en Puerto Rico. La misma está ubicada en las instalaciones de USGS. Por la ubicación de la estación, se puede determinar qué fuentes impactan el PM<sub>2.5</sub> del área de acuerdo con la distribución porcentual de los constituyentes presentes en el PM<sub>2.5</sub> registrado por la estación. Se puede conocer si existe o no impacto de las fuentes móviles, por la cercanía al expreso (peaje de Buchanan); fuentes estacionarias que queman combustibles (plantas generatrices de electricidad) y las fuentes geológicas o geográficas (cercana a la costa).

**GRÁFICA 4.18**



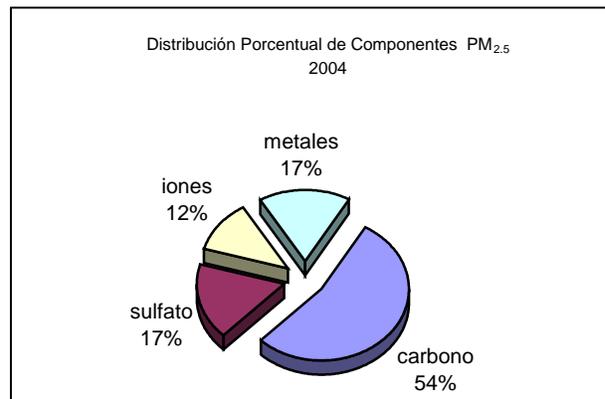
De acuerdo con los datos obtenidos por la estación durante el 2004, se observa un comportamiento similar a los años anteriores, con valores bajos al comienzo y al final del año y con valores más altos a mitad de año (los meses de calor, julio a agosto.) (Ver la Gráfica 4.18.)

Según las guías publicadas por la EPA en 1990 sobre la caracterización de  $PM_{2.5}$ , éstas están compuestas o se caracterizan de acuerdo con cuatro constituyentes básicos: metales (elementos), iones, carbono y sulfatos.

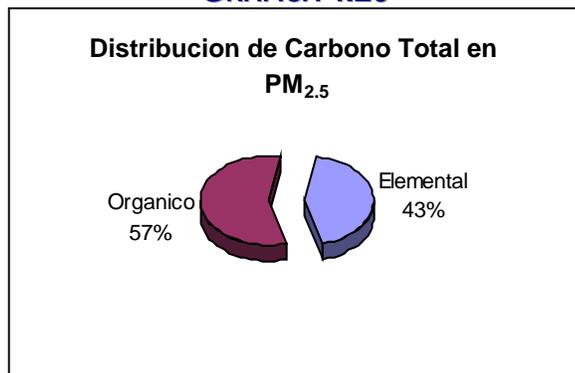
En estas guías se menciona que los iones representan una gran fracción de la materia particulada fina. En éstos se incluye: nitratos, amonia, sodio y potasio. Mientras que es bien importante conocer la cantidad de metales o elementos para identificar la fuente de la partícula y determinar la contribución de la tierra y el océano en la misma. El carbono total representa una gran porción de la materia particulada y brinda información sobre la fuente y el proceso de formación. Y los sulfatos, aunque se consideran parte de los iones, se les excluye en la caracterización porque representan una de las partículas más fuertes y éstos se mantienen estables antes y después del muestreo. Las fuentes primordiales o propulsora de éstos son las plantas para generar electricidad.

**GRÁFICA 4.19**

Durante el 2004, el mayor componente fue carbono con 54%, sulfato y metales con 17% y los iones con 12%. (Gráfica 4.19.) De los elementos presentes en la fracción fina del material particulado, los más peligrosos son los derivados del carbono, conocidos como *carbono orgánico*, debido a la acción cancerígena de algunos de sus compuestos y a las propiedades tóxicas de otros. Las fuentes del carbono orgánico son los combustibles fósiles no quemados, la vegetación, los residuos de aceites y petróleo y la combustión de combustibles fósiles. El carbono elemental es también relevante, ya que es el portador en el que se adhieren gases como  $SO_x$  y  $NO_x$  que, junto con la humedad atmosférica, generan la acidez del material particulado.



**GRAFICA 4.20**



Se determinó la distribución porcentual de ambos tipos de carbono más específicamente, lo cual indicó que el carbono elemental tiene un 43% y el orgánico de 57%.

El carbono se define como finas partículas de aerosol asociadas a la combustión de madera y emisiones de fuentes móviles.

Esto tiende a indicar que el área y el  $PM_{2.5}$  están impactados por las fuentes que queman combustible fósiles adyacentes y por fuentes móviles (tráfico vehicular) cercano a la estación.

Otro componente principal es el sulfato con un 17%. Por las características del sulfato y su descripción, se sabe que es un indicador de emisiones antropogénicas, principalmente de quema de combustibles fósiles, generadas por fuentes de combustión fija o móviles. Lo que puede implicar que los otros generadores de  $PM_{2.5}$  son los equipos de combustión localizados en el área.

En cuanto a los iones, de un 10% en  $PM_{2.5}$  la distribución fue: sodio (39%), nitrato (35%), amonía (25%) y potasio (1%).

De acuerdo con datos suministrados por la Autoridad de Carreteras para el 2004, el promedio mensual de vehículos que transitan por la estación de peaje de Buchanan es de aproximadamente 73,335. En

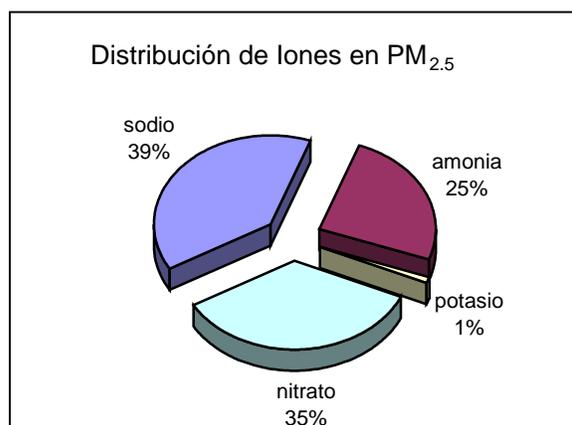
cuanto a las emisiones de  $PM_{2.5}$  por quema de combustible fósiles, se estiman en 481 toneladas al año en el área metropolitana. Estos datos explican la composición del  $PM_{2.5}$  y confirma lo que indica la literatura en cuanto a los propulsores de carbono, iones y sulfato en  $PM_{2.5}$ .

De acuerdo con la descripción de los componentes, los metales mayormente provienen de la geología del área y los procesos industriales de minería, de la producción de cemento y de hierro. Se conoce por estudios realizados que la presencia de metales en la atmósfera es por contribuciones geológicas, atmosféricas y naturales, mayormente.

En el particulado  $PM_{2.5}$  se determinó que los metales tienen una contribución de 17%. Aunque en la caracterización que se realiza se identifican 48 metales en  $PM_{2.5}$ , éstos se agruparon en cinco categorías por la poca presencia de algunos y de otros, se mantuvo su identidad. A continuación se presenta las categorías:

- ❖ *Sum. 1: antimony, arsenic, barium, bromine, cadmium.*
- ❖ *Sum. 2: chromium, cabalt, copper, europium, gallium, gold, hafnium, indium, iridium.*
- ❖ *Sum. 3: lanthanum, lead, magnesium.*

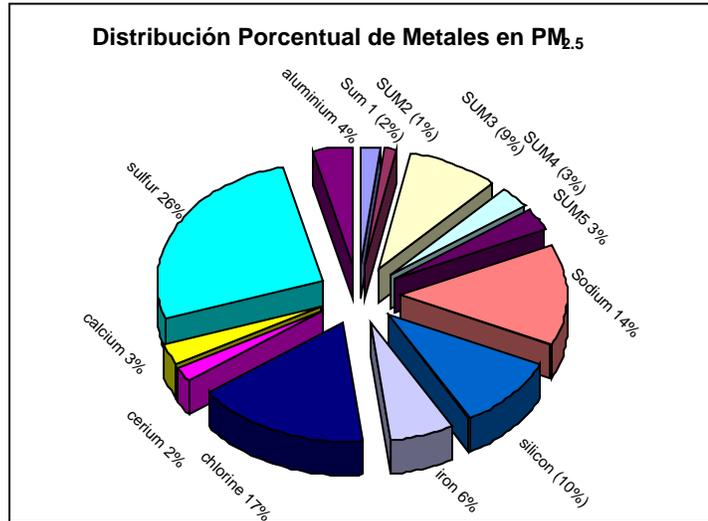
**GRÁFICA 4.21**



- ❖ *Sum. 4: manganese, mercury, molybdenum, nickel, niobium, phosphorus, potassium, rubidium, samarium, scandium, selenium, silver, cesium.*
- ❖ *Sum. 5: Tantalum, Terbium, tin, titanium, vanadium, wolfram, yttrium, zinc, zirconium.*

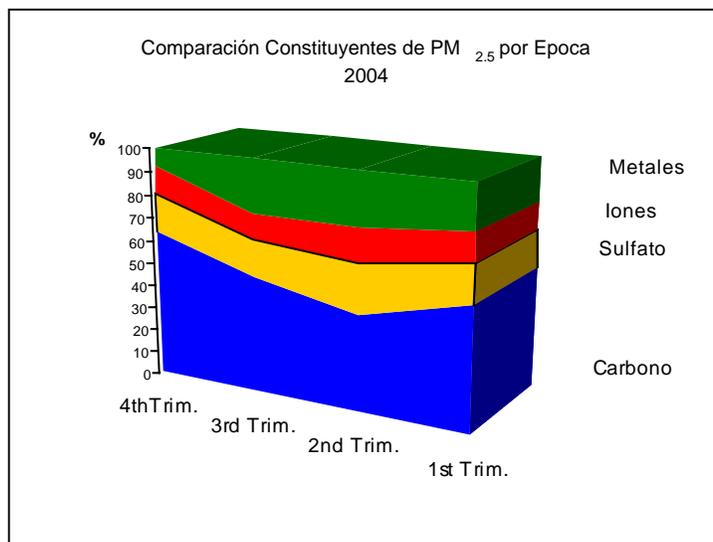
**GRÁFICA 4.22**

De los metales caracterizados, el *sulfur*, *chlorine*, *sodium* fueron los que presentaron valores porcentuales con 26, 17 y 14, respectivamente. La literatura identifica como las posibles causales la contaminación natural, como los vientos que producen polvoreadas, la incursión del polvo del Sahara y las erupciones volcánicas.



De acuerdo con datos de NOAA, en Puerto Rico se registraron varios episodios de incursión de polvo del Sahara. La gran mayoría de ellos se registró desde abril a septiembre de 2004. Mientras el periodo de erupciones volcánicas fue del 10 al 17 marzo de 2004.

**GRÁFICA 4.23**



Comparativamente con años anteriores, el 2004 fue uno de los más activos en cuanto a actividades de eventos naturales en Puerto Rico. Esta gran cantidad de eventos impactó significativamente el comportamiento y la contribución de los constituyentes del PM<sub>2.5</sub>.

La Gráfica 4.23 refleja los cambios por época de año. El sulfato es el constituyente que mayormente refleja el impacto. Este aumentó en los meses de calor (abril a

septiembre) y en los meses de mayor actividad de eventos naturales, y disminuyó marcadamente en los últimos meses del año, periodo donde no se reportaron actividades naturales, como la incursión de polvo del Sahara y cenizas del Volcán.

Se concluye que la caracterización del  $PM_{2.5}$  en Puerto Rico está básicamente impactada por la quema de combustible fósil, el tráfico vehicular y por los eventos naturales que afectan a Puerto Rico

## **PROYECTOS ESPECIALES**

---

### **ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE**

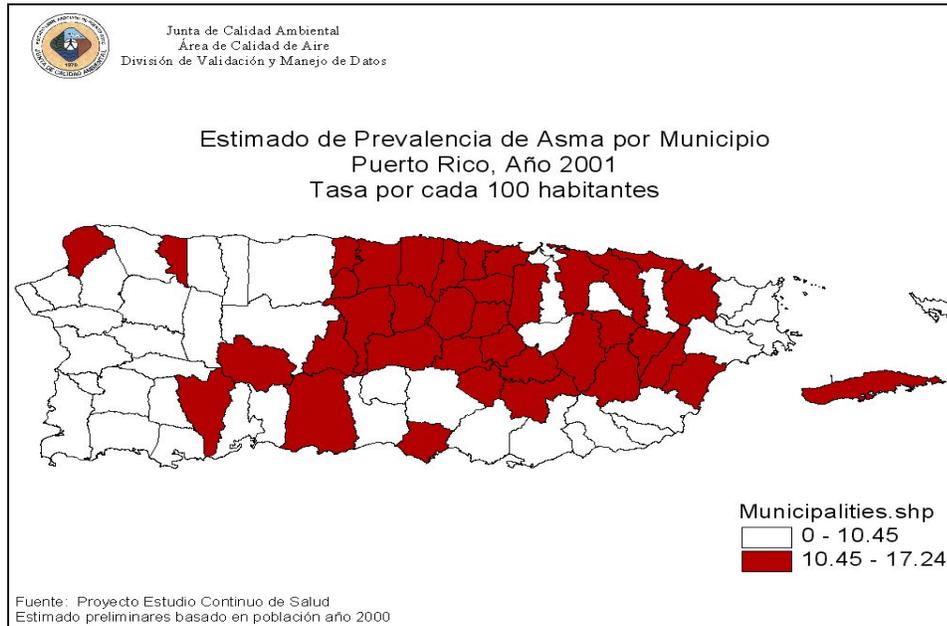
Determinar los efectos de la contaminación del aire es sumamente complejo, ya que la asociación entre un contaminante y una enfermedad o una defunción puede ser más accidental que causal. Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas por la exposición a niveles bajos de contaminación durante un periodo largo no se conocen en la actualidad con exactitud. La calidad del aire, tanto exterior como interior, tiene un impacto directo sobre la salud, particularmente sobre las enfermedades respiratorias como el asma.

La contaminación ambiental en el exterior está causada, principalmente, por emisiones de vehículos motorizados. Estas emisiones incluyen fuertes irritantes respiratorios que no sólo agravan las condiciones respiratorias sino que, como lo demuestran los estudios recientes, puede efectivamente causar que los niños desarrollen asma. En días de bruma, la contaminación ambiental ocasiona un aumento de visitas en los hospitales u oficinas médicas.

El asma también puede ser provocada por una variedad de alergias e irritantes que se encuentran comúnmente dentro de los hogares o edificios (escuelas). Al ser expuestos a estos factores desencadenantes interiores o exteriores, nuestras vías respiratorias se inflaman, lo cual dificulta la respiración.

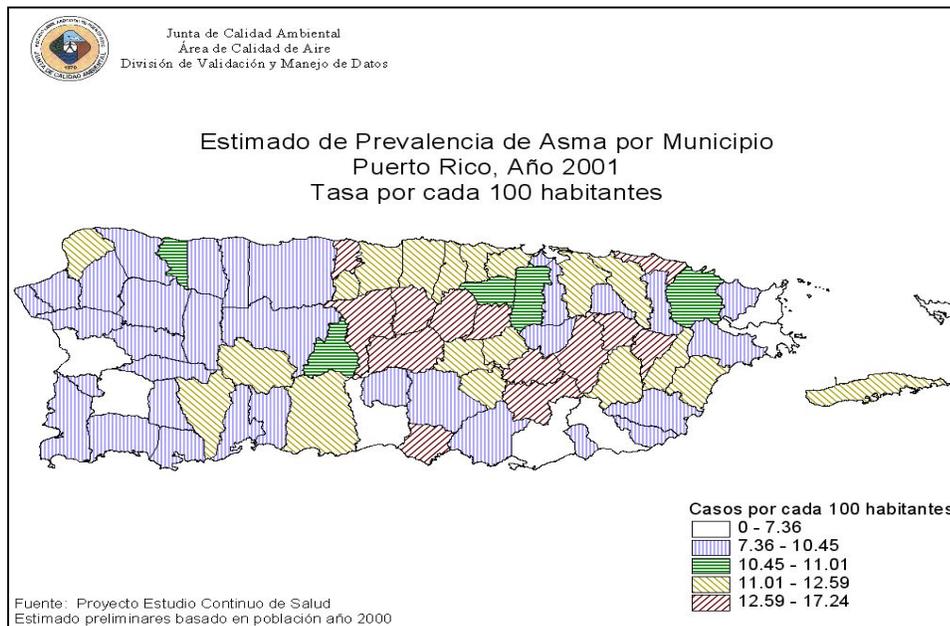
El asma puede ser controlada por el manejo médico adecuado y por medio de identificar y evitar estos factores. El reducir la exposición a desencadenantes del asma, tanto dentro como afuera, es la clave para el manejo del asma. Los factores desencadenantes del asma varían de una persona a otra, pero los más comunes irritantes o contaminantes son: bruma, humo de tabaco o cigarrillo, perfumes y polvo fino. Mientras que los alérgicos son: animales peludos, moho, polen, cucarachas y ácaros de polvo doméstico.

**MAPA 4.18**



De acuerdo con datos suministrados por el Departamento de Bioestadística y Epidemiología del Recinto de Ciencias Médicas de la UPR, la tasa de asma en el 2001 era de 10.45 por cada 100 habitantes.

**MAPA 4.19**



**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

El Mapa 4.18 muestra la distribución de municipios con una tasa de asma mayor de 10.45 por cada 100 habitantes en el 2001. Mientras, el Mapa 19 muestra más específicamente la distribución por municipios.

Para proteger mejor la salud pública, la EPA creó en 1999 el nuevo Índice de Calidad del Aire (AQI, por sus siglas en inglés). Este reemplaza al viejo Índice de Estándares Contaminantes (PSI). El cambio más importante es la adición de una subcategoría denominada "Insalubre para Grupos Sensibles". Esta subcategoría fue creada para proveer información precautoria a las personas sensibles, para que ellas puedan minimizar su exposición a la contaminación del aire. El AQI también describe los niveles de contaminación del aire que respiramos. A medida que aumenta la cantidad de contaminantes en el aire, también aumentan los números del AQI.

El AQI se desarrolló a través de unos algoritmos matemáticos que permite determinar cómo se encuentra la calidad del aire en determinadas localizaciones de forma rápida e inmediata. Desde el 1999 en Puerto Rico diariamente se calcula e informa el AQI para PM<sub>10</sub> como parte de las estrategias implantadas para proteger la salud de los residentes de la Isla. Este es uno de los varios pasos que se ejecutan para hacer realidad el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y, de esta manera, contribuir a mejorar su calidad de vida.

El Índice de Calidad de Aire para PM<sub>10</sub> de Puerto Rico es un valor que transforma las concentraciones del contaminante (PM<sub>10</sub>) a un número adimensional o índice que unifica todos los efectos del contaminante en un número. El mismo indica el nivel de contaminación presente en una localidad determinada y puede ser fácilmente entendido por el público. Se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas. Estas funciones están basadas en el Air Quality Index (AQI) de los Estados Unidos y, por lo tanto, corresponden a los estándares primarios, los criterios de episodios y los niveles de daño significativo.

Al reportar el AQI se detallan categorías del índice, los posibles efectos a la salud y se recomienda a quienes podrían ser afectados que tomen las debidas precauciones. Esta información se detalla en la siguiente tabla.

<b>TABLA 4.3: ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE</b>		
<b>AQI</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>AVISO</b>
Bueno	0-50 (verde)	Ninguno.
Moderado	51-100 (amarillo)	Las personas muy sensibles deben considerar reducir el esfuerzo prolongado o pesado.
Insalubre a grupos sensitivos	101-150 (anaranjado)	Las personas con enfermedades del corazón o del pulmón, los adultos de edad mayor y los niños deben reducir el esfuerzo prolongado o pesado.

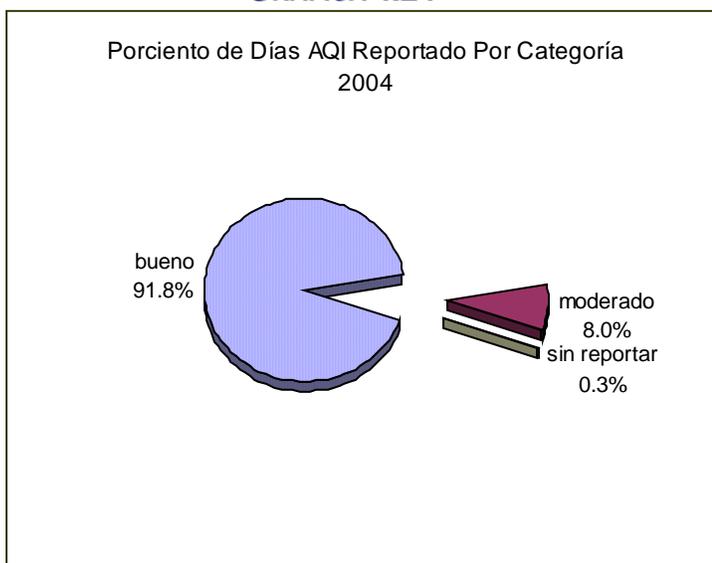
<b>TABLA 4.3: ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE</b>		
<b>AQI</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>AVISO</b>
Insalubre	151-200 (rojo)	Las personas con enfermedades del corazón o del pulmón, los adultos de edad mayor y los niños deben evitar el esfuerzo prolongado o pesado. Todos los demás deben reducir el esfuerzo prolongado o pesado.
Muy Insalubre	201-300 (púrpura)	Las personas con enfermedades del corazón o del pulmón, los adultos de edad mayor y los niños deben evitar toda actividad física al aire libre. Todos los demás deben evitar el esfuerzo prolongado o pesado.
Peligroso	301 ó más (marrón)	Condiciones de emergencia. La población en general puede experimentar efectos serios a la salud.

Además, el AQI se informa por colores, asignando un color en específico a cada categoría, lo cual hace más fácil el entender en forma rápida la calidad del aire. Al asociar los colores con la calidad del aire, permite una reacción más inmediata de la comunidad al disminuir las actividades al aire libre.

El índice que se reporta en Puerto Rico se genera de una estación ubicada en el municipio de Cataño. Esta forma parte de la Red de Monitoreo Atmosférico, con el propósito de obtener información confiable y oportuna sobre la calidad del aire. Esta Red le permite conocer a la JCA y a la ciudadanía en general cómo está la calidad del aire.

**GRAFICA 4.24**

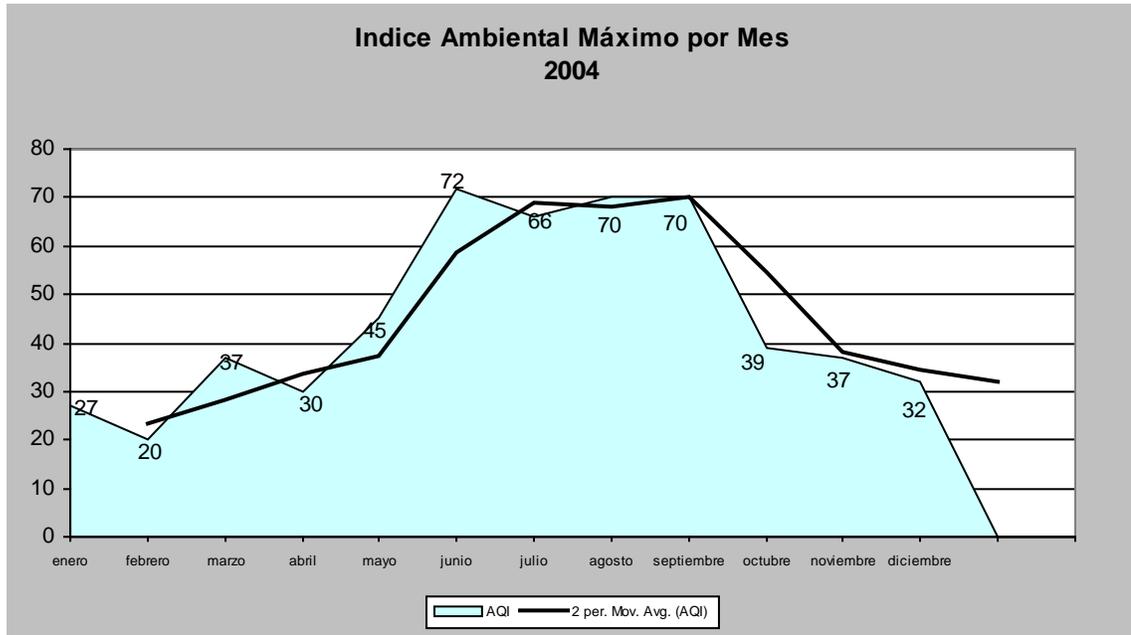
La JCA, por medio de esta estación ubicada en Cataño, tiene la capacidad de medir, de manera continua, la concentración de PM<sub>10</sub> en el aire. Por tanto, el AQI se calcula diariamente y se publica de lunes a viernes en la página Web de la JCA. El AQI fue calculado durante el 2004, un 99.8% de los días. De éstos, un 91.8% fueron de categoría buena (verde), un 8% fue de categoría moderada (amarilla) y 0.3% el AQI no se reportó. (Gráfica 4.24)



De acuerdo con los AQI reportados, la calidad de aire categoría moderada fue durante los meses de calor, de junio a octubre de 2004. Aparentemente, la

calidad del aire en Puerto Rico fue afectada por factores climáticos, como la bruma y altas temperaturas registradas en esos meses. Históricamente, se reporta durante esos meses la incursión de eventos naturales que afectan toda la Isla.

**GRÁFICA 4.25**



En la Gráfica 4.25 se presenta los índices máximos reportados por mes y se observa el aumento significativo de las máximas, específicamente de mayo a junio. Posteriormente, se observa una disminución significativa de septiembre a octubre. Precisamente, durante junio a septiembre Puerto Rico experimentó varios episodios de bruma, lo cual se registró notablemente en los índices reportados. Cuando estos eventos ocurren, en el comunicado emitido por la JCA se informa que Puerto Rico está bajo los efectos de eventos naturales y se recomienda a la ciudadanía tomar las precauciones necesarias para evitar ser impactados por el evento y que su salud y bienestar sean afectados.

### **Muestras Especiales**

La JCA realizó tres proyectos especiales relacionados con el recurso aire durante el 2004. El propósito principal fue conocer la calidad del aire en tres áreas específicas de la Isla, además de responder a la exigencia del público ante su creciente preocupación por los problemas de contaminación atmosférica, originados como consecuencia de la evolución de la tecnología moderna.

La calidad del aire puede, en muchos casos, percibirse con facilidad, especialmente en los grandes conglomerados urbanos. Sin embargo, más allá de ver el aire sucio, es necesario evaluar su calidad a través de la medición de los niveles de contaminantes presentes en la atmósfera. Al comparar estas

mediciones con los estándares de calidad del aire para la protección de la salud, se puede determinar si la calidad del aire es satisfactoria o no.

Se han establecido valores máximos de concentración admisible para los contaminantes atmosféricos. Estos valores se han establecido a partir de estudios teóricos y prácticos de los efectos que, sobre la salud, tiene la contaminación al nivel actual y los que puede alcanzar en el futuro. Generalmente, la calidad del aire se evalúa por medio de los denominados niveles de inmisión, que se definen como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un tiempo determinado. La unidad en que se expresan normalmente estos niveles son microgramos de contaminante por metro cúbico de aire, medidos durante un tiempo determinado.

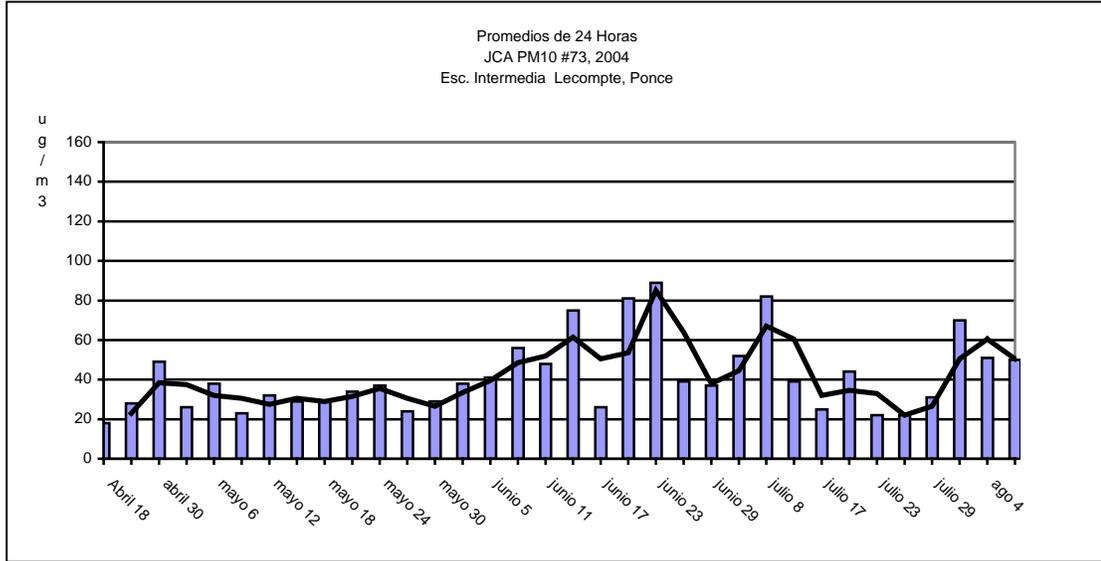
El análisis de la calidad del aire permite inferir si existe un problema de deterioro. A continuación se muestran los niveles de contaminación para cada una de las tres áreas en las que se realizaron los proyectos a través de estaciones de monitoreo.

#### Ponce

Este proyecto surgió como iniciativa de la JCA ante la solicitud de la ex-alcaldesa de Ponce, Hon. Delis Castillo de Santiago. En la solicitud se expone que la Comunidad Viento Abajo de la compañía CEMEX se sentían afectados por polvo. Aunque la JCA mantiene una estación de muestreo de particulado de 10 y 2.5 micrones fijas en Ponce, se implantó un proyecto especial de otra estación para particulado de 10 micrones.

La ubicación de las estaciones fijas y las del proyecto especial son: JCA #56 (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en el techo de las Oficinas de Manejo de Emergencias y la del proyecto especial en la Escuela Intermedia Lecompte Benítez en la PR 132. Además, se estableció otra estación para materia particulada suspendida total (TSP, por sus siglas en inglés), ya que se sospecha que el particulado que tal vez afecta a la comunidad es el particulado total. Esta estación se estableció en la Urbanización Valle de Andalucía, Calle Almería I-13. La ubicación seleccionada se ve afectada directamente por polvo fugitivo que proviene de CEMEX. El periodo del proyecto fue del 15 de abril al 7 de agosto de 2004, con una frecuencia de muestreo de cada tres días y una duración aproximada de cuatro meses.

**GRÁFICA 4.26**



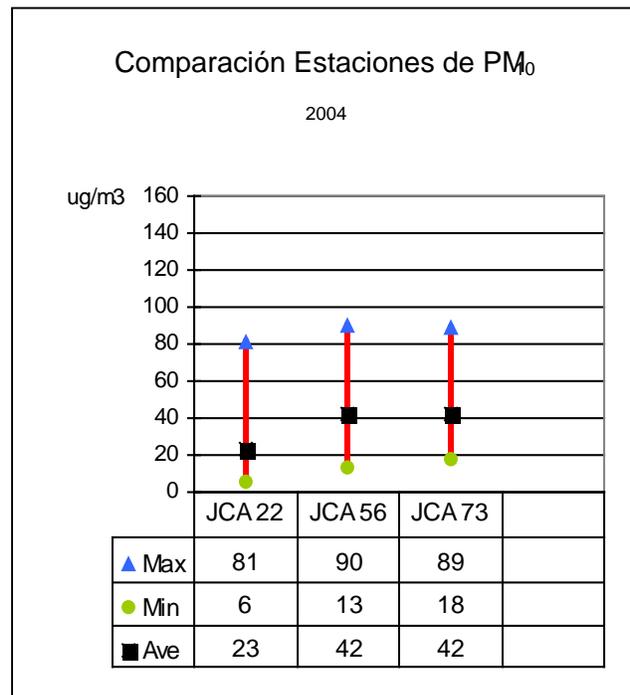
❖ Análisis de los datos:

De los 34 valores analizados, ninguno superó la norma nacional establecida para promedios máximos de 24 horas. El valor máximo se obtuvo el 23 de junio de 2004. Precisamente, en ese periodo Puerto Rico era impactado por Polvo de Sahara, que afectó la Isla desde el 11 de junio hasta el 8 de julio de 2004.

**GRÁFICA 4.27**

Si se compara los valores con los datos obtenidos en otras estaciones fijas de PM<sub>10</sub> en Ponce y con la estación de referencia localizada en Fajardo, se puede observar que los datos son similares y significativamente comparables. Esto quiere decir que están correlacionados positivamente. La Gráfica 4.27 muestra los promedios máximos, mínimos de 24 horas, el promedio aritmético anual y el comportamiento de las estaciones.

El promedio aritmético anual de las estaciones de Ponce (#56 y #73) es de 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el de Fajardo es 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se compara con



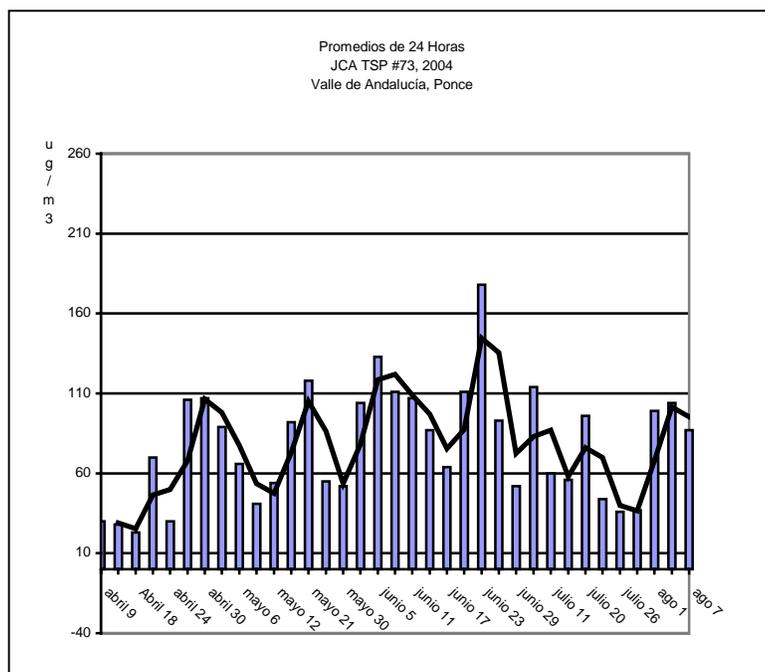
esta estación por servir de trasfondo. Los promedios máximos de 24 horas comparan de 81, 90 y 89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los resultados de las estaciones de Ponce son bien similares, tanto, que el promedio aritmético anual es igual para ambas (42), mientras que el promedio máximo de 24 horas de cada una reflejo una diferencia de solamente una unidad.

Además, en Ponce se instaló una estación TSP. Aunque este parámetro quedó sin vigencia en el 1987, cuando comenzó la norma de  $\text{PM}_{10}$ , la JCA instaló una estación de TSP debido a que la comunidad se quejó de polvo que no se refleja en el muestreo de  $\text{PM}_{10}$ , por ser partículas de mayor tamaño.

Se analizaron 34 valores. Estas fueron tomadas del 9 de abril al 7 de agosto de 2004. El valor máximo de 24 horas se obtuvo el 23 de junio de 2004, que coincide con el periodo de bruma reportado desde el 11 de junio al 8 de julio de 2004.

**GRÁFICA 4.28**



El promedio geométrico anual es de  $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este no alcanza la antigua norma primaria anual ( $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), pero sobrepasa la norma secundaria anual ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El promedio de 24 horas máximo es de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este no alcanza las normas primarias, pero sobrepasa la secundaria de 24 concentraciones máximas de 24 horas.

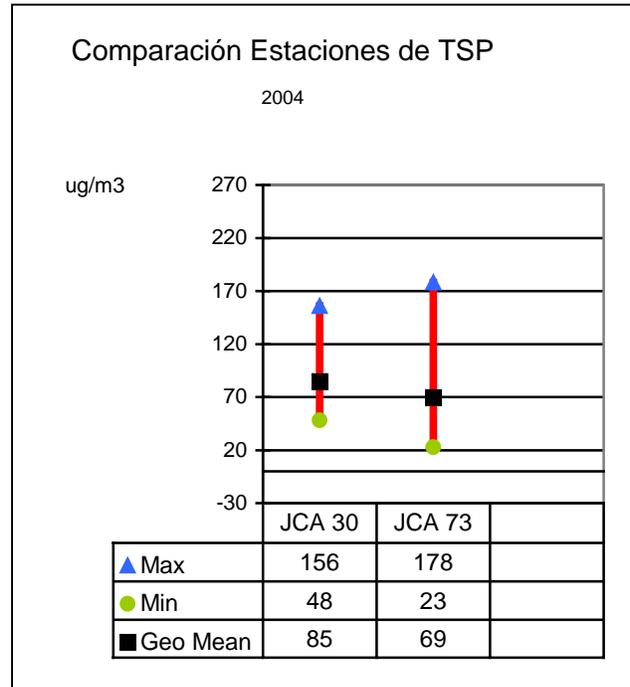
Si se compara los valores con los datos obtenidos con la estación fija de TSP en Carolina (TSP #30), se observa que los datos de Ponce son más altos en promedios diarios, pero anualmente son más bajos. La Gráfica 4.29 muestra los promedios máximos, mínimos de 24 horas, el promedio geométrico anual y el comportamiento de las estaciones.

**GRÁFICA 4.29**

Todas las muestras fueron tomadas en la temporada de calor en Puerto Rico, durante abril y agosto de 2004. Estos son los meses que PR es afectado por polvo de Sahara. De los datos colectados en el proyecto, un 42% fueron impactados por este fenómeno natural. Se ha comprobado que este fenómeno afecta todas las estaciones de muestreo de Puerto Rico.

De acuerdo con los valores obtenidos, se puede concluir que la calidad del aire en Ponce en cuanto a  $PM_{10}$  (contaminante vigente) no alcanza las normas nacionales

anuales ni las diarias ó 24 horas. Se recomienda tomar medidas de control para minimizar las emisiones de materia particulada total suspendida en el área, ya que éstas registraron valores altos.



Carolina

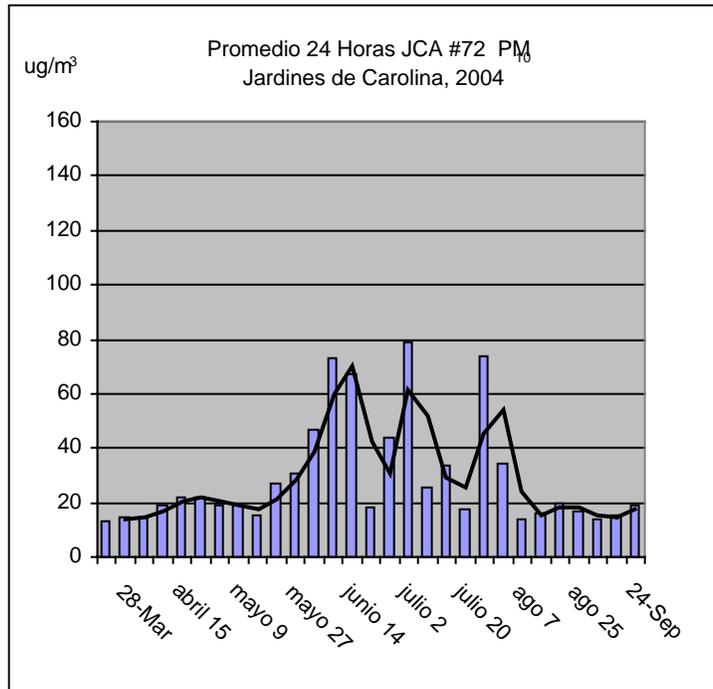
El proyecto surge por solicitud de la comunidad luego de un mal funcionamiento de la Hormigonera Mayagüezana. Este evento precipitó una situación de quejas debido al polvo fugitivo que afectaba el área. Luego de varias reuniones entre líderes de la comunidad, funcionarios de la compañía, miembros de la Cámara de Representantes, Senadores de Distrito y personal de la JCA, se acordó establecer una estación de muestreo de aire que determinará la presencia o no de material particulado en la comunidad.

❖ Análisis de los datos:

Se analizaron 32 valores y ninguno superó la norma nacional establecida para promedios máximos de 24 horas. El valor máximo se obtuvo el 14 de junio de 2004. Precisamente, en ese periodo Puerto Rico estaba siendo impactado por Polvo de Sahara desde el 11 de junio al 8 de julio de 2004.

La estación se estableció en la calle J #1-10 en el techo de la familia Domínguez para muestrear  $PM_{10}$ . La frecuencia del muestreo fue de cada seis días, con una duración de seis meses, desde el 25 de marzo al 30 de septiembre de 2004.

**GRÁFICA 4.30**



El promedio aritmético fue de 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que el promedio máximo de 24 horas fue 78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De acuerdo con los datos, no se sobrepasa las normas de calidad primaria y secundaria de 150 (diaria) y 50 (anual) establecida para el parámetro PM<sub>10</sub>.

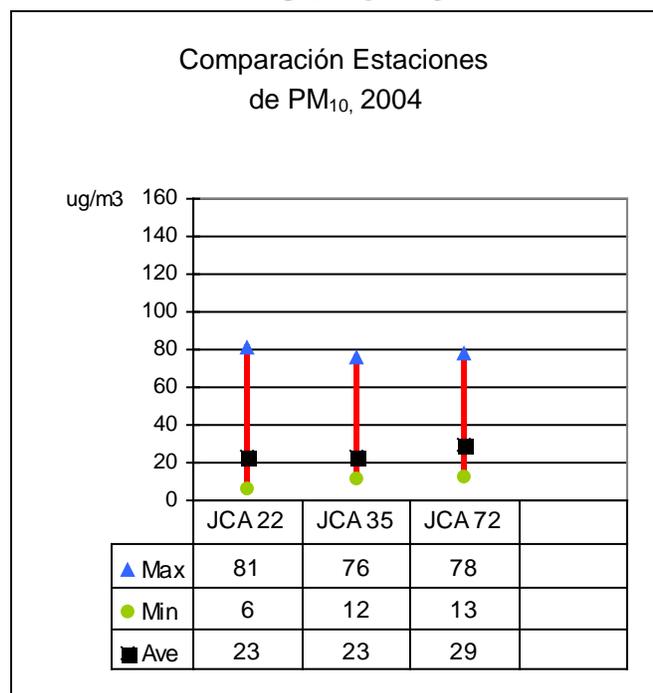
Si se compara los valores con los datos obtenidos con la estación fija de PM<sub>10</sub> en Carolina y con la estación de referencia

localizada en Fajardo, se determina que los datos son similares y significativamente comparables. Esto indica que están correlacionados positivamente. La gráfica a continuación muestra los promedios máximos, mínimos de 24 horas, el promedio aritmético anual y el comportamiento de las estaciones.

**GRÁFICA 4.31**

El promedio aritmético anual de las estaciones de Carolina (#35 y #72) es de 23 y 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, y de Fajardo es 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los promedios máximos de 24 horas comparan de 81, 76 y 78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los resultados en los promedios máximos de las estaciones de Carolina son bien similares y se registraron durante episodios de bruma o bajo el efecto de Polvo de Sahara en Puerto Rico. Los datos muestran cómo las estaciones fueron impactadas igualmente por este fenómeno natural.



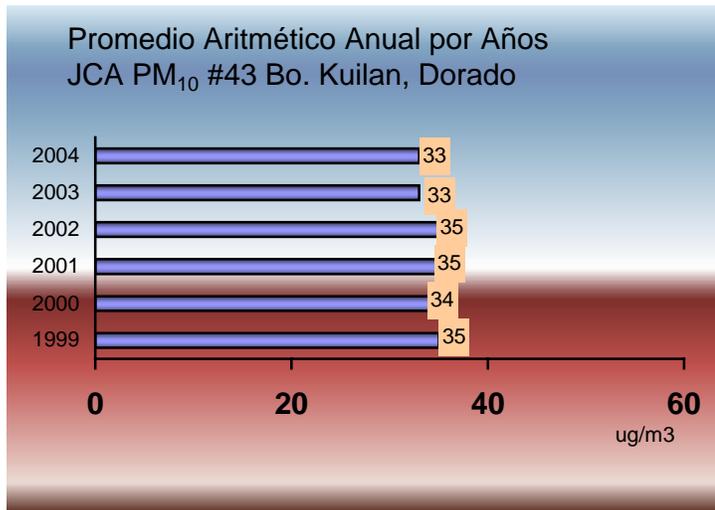
**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

De acuerdo con los valores obtenidos, se puede concluir que la calidad del aire en Carolina en cuanto a PM<sub>10</sub> (contaminante vigente) no alcanza las normas nacionales anuales ni las diarias o de 24 horas. Se espera que la calidad del aire se mantenga dentro de las normas establecidas siempre y cuando se tomen las medidas de control para evitar que las concentraciones de materia particulada aumenten.

Dorado

La JCA ha mantenido desde 1999 una estación en el Barrio Kuilan de Dorado. Esta se estableció como parte de la red de muestreo de aire para atender querellas de la comunidad relacionadas a materia particulada y a polvo fugitivo en el área proveniente de San Juan Cement. La estación se estableció del parámetro PM<sub>10</sub> y comenzó en enero de 1999.

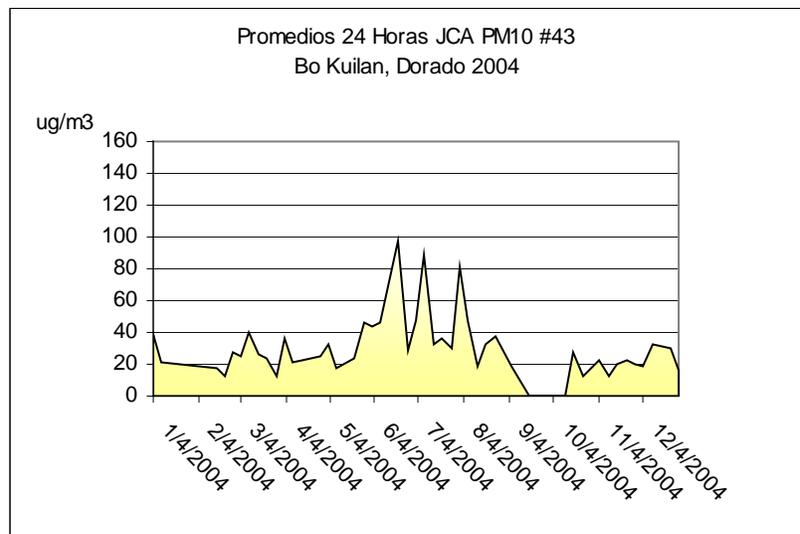
**GRÁFICA 4.32**



La gráfica muestra los promedios aritméticos anuales de los últimos seis años. De acuerdo con los valores obtenidos, no se registraron excedencias a las normas nacionales primarias y secundarias en ninguno de los años muestreados.

**GRÁFICA 4.33**

De acuerdo con los datos más recientes (2004) de la estación, se ha mantenido el mismo comportamiento de los años anteriores. El promedio de 24 horas máximo fue de 96 y se obtuvo en junio de 2004, con un promedio anual de 31.3 µg/m<sup>3</sup>.



A pesar de estos resultados, la comunidad continuaba querellándose de problemas de materia particulada, por lo cual la JCA, en respuesta, estableció en el 2004 una estación para materia particulada total (TSP), independientemente de que la norma no está vigente para ese parámetro.

La estación de TSP se estableció con una frecuencia de cada seis días, alternados con la PM<sub>10</sub>. El periodo de muestreo fue de marzo a junio de 2004. Se obtuvieron 19 muestras. El promedio geométrico anual fue de 58 µg/m<sup>3</sup>, que no sobrepasa ninguna de las antiguas normas primarias y secundarias. El promedio de 24 horas máximo es de 114 µg/m<sup>3</sup>. Este no alcanza la norma primaria, pero sobrepasa la secundaria. De acuerdo con los datos, y si no ocurren cambios en la producción de San Juan Cement, no se espera que ocurra una excedencia a las normas nacionales de 24 horas o las anuales.

En líneas generales, las tres áreas disfrutaban de una buena calidad del aire. Sin embargo, existen áreas donde es necesario cuantificar la concentración de sustancias contaminantes debido a diferentes razones: puntos de fuerte presencia industrial, influencia de grandes poblaciones próximas o núcleos con elevado número de habitantes y presencia intensa de tráfico. Además, se debe continuar con el desarrollo de control de emisiones, tanto en los procesos industriales del área como el control del tráfico vehicular, para evitar episodios de contaminación que resulten en problemas en las comunidades y daño al ambiente.

A pesar de que mucha gente asocia el origen de la contaminación del aire con el crecimiento industrial, el fenómeno no necesariamente está ligado de manera exclusiva a las actividades humanas. El humo, la ceniza y los gases pueden originarse en erupciones o en incendios naturales; hidrocarburos como los terpenos, se pueden originar a partir de las hojas de las plantas. Asimismo, las esporas de los hongos y los microorganismos que se encuentran suspendidos en el aire son también contaminantes naturales. Sin embargo, salvo en contados casos, la contaminación por fuentes naturales no ocasiona problemas que pongan en riesgo la salud humana. La dificultad se presenta cuando las actividades humanas causan problemas de contaminación de tal magnitud que algunas regiones de la tierra sean consideradas riesgosas para la existencia de ciertas especies o para la salud de los individuos.

#### Gases de Invernadero

La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los que más abundan son el nitrógeno y el oxígeno (este último es el que necesitamos para respirar). El resto, menos de una centésima parte, son gases llamados *de invernadero*. No los podemos ver ni oler, pero están allí. Algunos de ellos son el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno.

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para nuestra supervivencia. Cuando la luz solar llega a la Tierra, un poco de esta

energía se refleja en las nubes, el resto atraviesa la atmósfera y llega al suelo. Pero no toda la energía del Sol es aprovechada en la Tierra, una parte se devuelve al espacio porque la Tierra es mucho más fría que el Sol.

Los gases de invernadero absorben esta energía infrarroja como una esponja, calentando tanto la superficie de la Tierra como el aire que la rodea. Si no existieran los gases de invernadero, el planeta sería cerca de 30 grados más frío de lo que es ahora.

Estos gases (principalmente el dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>]) se encargan de absorber la energía emitida por el Sol, impidiendo que los días sean demasiado calurosos o las noches demasiado frías. El efecto de calentamiento que producen los gases se llama efecto invernadero: la energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero. Habrá notado que el interior de los autos se calienta demasiado al estar estacionados bajo el Sol. La causa del calentamiento es que la luz del sol pasa a través de los cristales, ésta es absorbida por los objetos en el interior, convierte en energía calorífica y se desprende en energía infrarroja. Esta, a diferencia de la luz, no cruza los cristales, sino se queda atrapada en el interior y eleva la temperatura.

A escala mundial, el dióxido de carbono, el vapor de agua y pequeñas cantidades de otros gases en atmósfera cumplen una función análoga a la de los cristales de los invernaderos. La energía luminosa pasa por la atmósfera y es absorbida por la Tierra y convertida en calor en la superficie. La energía calorífica infrarroja, por radiación, retorna a la atmósfera y al espacio exterior. Los gases de invernadero, que en forma natural se encuentran en la tropósfera, absorben parte de la radiación y la devuelven a la superficie. En cambio, otros gases, el nitrógeno y el oxígeno (N Y O, respectivamente) no actúan a sí. Los gases de invernadero, como una manta eléctrica, aíslan la Tierra y demoran el escape de radiación infrarroja al espacio. Sin tal aislamiento, el promedio de las temperaturas superficiales sería 33 grados más frío y la vida que conocemos sería imposible.

El término efecto invernadero aplicado a la Tierra se refiere al posible calentamiento global debido a la acumulación de los gases de invernadero provocada por la actividad humana, principalmente desde la revolución industrial por la quema de combustibles fósiles y la producción de nuevos productos químicos.

Algunos científicos creen que la consecuencia principal del efecto de invernadero es el calentamiento global de la atmósfera. Este cambio climático global tiene su origen en el incremento de los gases de invernadero, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los clorofluorcarbonados (CFC), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y el ozono de la tropósfera. Las nuevas predicciones para el siglo XXI señalan que las temperaturas globales seguirán subiendo, el nivel del mar experimentará ascensos significativos y la frecuencia de los fenómenos

naturales aumentará, el cual puede provocar el deshielo de los polos y el aumento consecuente del nivel del mar, la inundación de ciudades costeras y ribereñas, y la pérdida de biodiversidad.

El aumento en la emisión de estos gases, además, provoca grandes cambios drásticos en el clima mundial (haciéndolo cada vez más impredecible), sufriendo alteraciones en las temperaturas regionales, en los regímenes de lluvia, incremento en la desertificación, alteraciones en la agricultura, y la descongelación de los polos, incrementando así el nivel del mar y causando inundaciones en las zonas costeras y continentales en todo el mundo.

Aunque las consecuencias del cambio climático son inciertas, los científicos están de acuerdo en que el aumento en los gases es una realidad, pero no están de acuerdo en dos aspectos cruciales:

- ❖ si ya ha comenzado el calentamiento de la Tierra; y
- ❖ cuánto se incrementará el calentamiento global.

Lo que sí se ha establecido es que se deben tomar medidas inmediatas para mantener los niveles de estos gases normales, de manera que los utilicemos y las plantas puedan crecer y desarrollarse, ya que es una suerte que nuestro planeta tenga la cantidad apropiada de gases de invernadero.

La JCA indirectamente trabaja para mantener los niveles de gases de invernadero en sus porcentajes adecuados y evitar el calentamiento global. El objetivo principal es estabilizar el porcentaje de los gases en la atmósfera, por lo que se han desarrollado varias estrategias y controles con el propósito de mantener los niveles de gases de invernadero en sus porcentajes naturales. Entre éstos, se establece un tope de emisiones a cada una de las industrias, mediante limitación en la quema de combustibles fósiles y en el por ciento de azufre por peso en el combustible quemado. Este límite se establece mediante condiciones de permiso de operación que se le otorga a las industrias en Puerto Rico, según la Regla 410 del Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica (RCCA).

En Puerto Rico, como en la mayoría de los países industrializados, las emisiones de dióxido de carbono se generan por la quema de combustibles que contienen carbono. Las estimaciones se realizan atendiendo la cantidad de combustible utilizado y el contenido de carbono en los combustibles. Es importante distinguir entre los combustibles primarios (estado natural como carbón, petróleo y gas) y los secundarios (gasolina y lubricante).

El cálculo de las emisiones de carbono se basa, principalmente, en los combustibles quemados en el País. Esta información se obtiene de la cantidad de combustible y el por ciento de azufre reportado por cada una de las industrias reguladas por la Regla 410 del RCCA. De cada uno de los combustibles quemados se suman las cifras para calcular el consumo. Junto con los datos

**INFORME SOBRE EL ESTADO Y CONDICIÓN DEL AMBIENTE EN PR 2004**  
**CAPÍTULO 4: RECURSO AIRE**

energéticos y la metodología, se utilizan los factores de emisiones y otros supuestos para calcular las emisiones nacionales.

La metodología divide el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono procedente de la combustión de combustible en cinco pasos:

- ❖ Estimar el consumo de combustible en unidades originales (galones).
- ❖ Convertir a una unidad común de energía (Btu).
- ❖ Multiplicar por factores de emisión para calcular el contenido de carbono.
- ❖ Corregir para carbono no oxidado.
- ❖ Convertir el carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>.

La producción de energía se genera a base de combustibles fósiles utilizados en plantas o centrales termoeléctricas. En Puerto Rico, la energía que se utiliza es generada por la combustión de gas y producida por la PREPA, que suplente la electricidad al comercio y a residencias. Además, está la generación de electricidad de calderas industriales para hacer posible su producción.

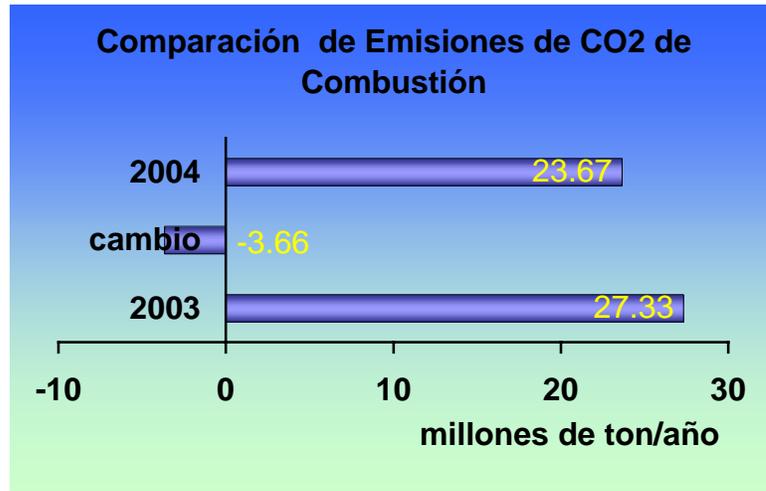
En Puerto Rico se utiliza, básicamente, los combustibles primarios derivados del petróleo y, recientemente, se ha empeorado a usar también el carbón. Los aceites combustibles son mezclas de líquidos producto de petróleo y son producidos por diferentes procesos de refinación, dependiendo de los usos a que se designan. Algunos de éstos son el querosén, aceite diesel, aceite #6 y aceite de cocina. Estos aceites se distinguen uno del otro por la composición de hidrocarburos, los puntos de ebullición, los aditivos químicos y los usos.

En la Isla, la gran mayoría de las industrias, incluyendo las termoeléctricas, utilizan querosén, diesel y combustible #6, por tanto, se totalizó la cantidad quemada de cada uno de ellos para contabilizar y estimar el consumo de combustible y completar el Paso 1 de la metodología.

<b>TABLA 4.4: USO DE COMBUSTIBLE</b>			
<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>MILLONES GALONES / AÑO</b>		<b>CAMBIO</b>
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	
Diesel (#1)	787.5	649.3	(138.2)
Querosén (#2)	272.8	195.9	(76.9)
Combustible 4	4.3	1.2	(3.1)
Combustible 5	3.8	1.1	(0.6)
Carbón (libras)	12.5	23.0	10.5
Combustible 6	1,099.3	971.5	(127.8)

De acuerdo con los reportes, el consumo de combustible de 2003 a 2004 disminuyó para todos los tipos, excepto para carbón.

GRÁFICA 4.34

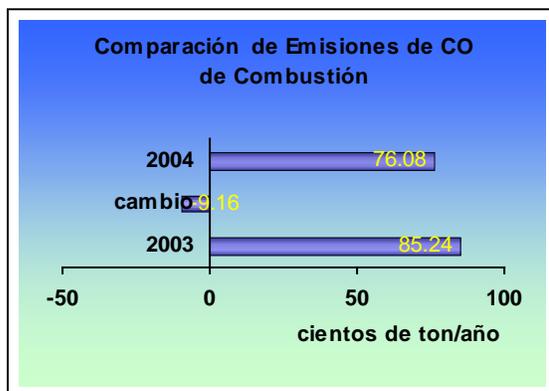


Según la metodología anteriormente mencionada, se contabilizó el total de emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión, como se detalla en los pasos del 2 al 5, y según el Manual de Trabajo # 1: *Metodología para estimar los gases de Invernadero, segunda edición de la EPA, enero 1995*.

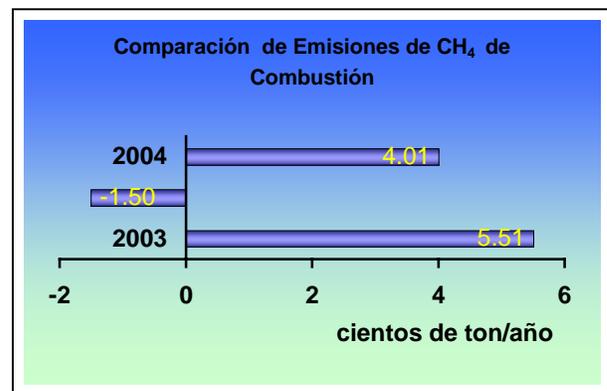
Las emisiones de CO<sub>2</sub> en Puerto Rico disminuyeron en un 13.3%, esto es, de 27.33 a 23.67 millones de toneladas de 2003 a 2004. La disminución se debe a que de 2003 a 2004 se consumieron menos galones de combustibles.

El mismo comportamiento o resultado ocurre con los otros gases de invernadero que se contabilizaron sus emisiones. Los gráficos a continuación comparan las emisiones de estos gases del 2003 al 2004. El procedimiento utilizado permite conocer las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NMVOC y N<sub>2</sub>O. Aunque las emisiones de N<sub>2</sub>O y NMVOC son zeros o insignificantes, que totalizaron cero emisiones.

GRÁFICA 4.35



GRÁFICA 4.36



Es importante recordar que los cálculos están limitados solamente a las emisiones provenientes de la combustión. Los totales presentados no incluye las emisiones de procesos ni las de producción de combustibles (refinerías).

## **LIMITACIONES**

---

En sus esfuerzos por proteger el recurso, el Área de Calidad de Aire de la JCA ha tenido que lidiar con diversos factores, tanto internos como externos, que limitan su desempeño. Son los siguientes:

- ❖ Se carece de un programa de estadística sofisticado que permita analizar y relacionar las variables relacionadas a la salud. Además, no se dispone de datos recientes. Muchos de los cómputos se efectúan manualmente y, para otros, se utilizan hojas de trabajo para realizarlos.
- ❖ Al contabilizar las emisiones de contaminantes, sólo se utilizaron aquellas provenientes de la combustión. Las emisiones provenientes de los procesos industriales no fueron incluidas, ya que se carecía de la información. En años anteriores se incluía las emisiones certificadas por cada una de las compañías clasificadas como Título V. Este año se excluyeron porque las certificaciones se realizan por reglamentación en abril y corresponden al año anterior. Por lo tanto, las certificaciones de emisiones del 2004 aún no se han efectuado, por lo cual no pueden ser incluidas en este Informe.
- ❖ La falta de recursos financieros constituye otra limitación para llevar a cabo el desarrollo de políticas ambientales. Esto se traduce, a su vez, en la falta de presupuesto necesario para la instalación o mantenimiento adecuado de estaciones de muestreo en áreas no cubiertas actualmente. Por ejemplo, la zona oeste, que carece de estaciones para todos los contaminantes criterios, a excepción de PM<sub>2.5</sub>.
- ❖ Se carece de un sistema de informática avanzado que permita relacionar variables ambientales. Por ejemplo, no hay información de meteorología actualizada que permita un mejor pronóstico de la calidad del aire y que pueda integrarse en el reporte diario del Índice de Calidad de Aire. Es primordial movilizar los recursos humanos y tecnológicos para que la información sea funcional. Es imperativo aunar esfuerzos entre las agencias, sociedad civil y universidades hacia un fin común, a los efectos de garantizar el acceso público a la mejor información disponible.
- ❖ Se necesitan más estaciones para poder establecer comparaciones. Por ejemplo, sólo existe una estación que caracteriza el PM<sub>2.5</sub> en la zona metropolitana. Es conveniente asignar presupuesto nuevo para establecer nuevas estaciones en las zonas descubiertas o que sirvan para comparar áreas. Este presupuesto debe ser independiente del existente. Además, se recomienda reevaluar la red existente para identificar las zonas descubiertas por parámetros, y recomendar la instalación de nuevas o reubicación de las existentes.
- ❖ Por último, la información ambiental es una compartida y no es exclusiva de una agencia. Son muchas las variables a considerar cuando se habla de la

contaminación ambiental. Por tanto, son muchas las gestiones que deben realizarse para obtener la información. Lamentablemente, no todas las agencias mantienen sus datos o información ambiental actualizada, ya sea por falta de recursos humanos o financieros y, de tenerla, no siempre es viable compartir la información. Queda mucho por hacer en materia de información operativa y su aplicación. Se dispone de datos e información ambiental separada, que es necesario unir para una acción ambiental más eficaz y para promover el desarrollo.

## **CONCLUSIÓN**

---

La contaminación del aire es uno de los costos de la creciente industrialización y del desarrollo económico asociado con más vehículos, más bienes materiales y más espacio dedicado a las zonas urbanas. Los reportes científicos se acumulan anualmente y documentan las concentraciones de los contaminantes prioritarios que son irritantes y hasta tóxicos a la salud de los pobladores. Además, tienen el potencial de formar otros compuestos en la atmósfera aún más tóxicos que los compuestos originalmente emitidos. Estos dañan los ecosistemas, bosques, los cultivos agrícolas, y los monumentos históricos.

Según el Instituto de los Recursos Mundiales, en su informe del 2000, los combustibles fósiles satisfacen el 90% de la demanda de energía comercial del planeta, siendo la principal fuente de la energía mundial el petróleo con 40%, el carbón con un 26% y el gas natural con un 24%. El gobierno de los Estados Unidos, en su informe "*International Energy Outlook 2004 (IEO2004)*", indica que dentro de los próximos 24 años habrá un incremento del 54% en la demanda del petróleo. Estas proyecciones corresponden al periodo del 2001 al 2025.

Cada minuto de nuestras vidas, de día y de noche, dormidos o despiertos, se depende del aire que se respira para nuestro sistema de soporte vital. Un ser humano promedio respira más de 500 millones de veces durante su vida; por lo tanto, si lo que inhala no está suficientemente limpio, su efecto en los pulmones y en la salud en general pueden multiplicarse por cientos de millones de veces.

En los dos últimos decenios del Siglo 20, la contaminación ha aumentado y disminuido a la vez: ha aumentado en los países en desarrollo y ha disminuido en los países desarrollados. Los agentes de la contaminación atmosférica adoptan muchas formas, pero cuatro sustancias son especialmente importantes: los bióxidos de azufre, emitidos sobre todo, por las centrales energéticas, por la industria y los vehículos; el monóxido de carbono, emitido principalmente por los vehículos; el hollín; y el polvo suspendido, que se conocen técnicamente como partículas sólidas en suspensión (PSS) y se hallan dondequiera que se usen combustibles.

Al analizar el caso particular de Puerto Rico, se puede concluir que las emisiones de los contaminantes criterios provenientes del sector industrial han disminuido o se han mantenido similares a los años anteriores. El único sector donde no se ha experimentado reducción es el de las fuentes móviles. Las fuentes móviles de contaminación del aire son conocidas por todos e incluyen los automóviles, autobuses, camiones y aviones. Estas fuentes emiten contaminantes criterio y otros contaminantes peligrosos.

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono y menores cantidades de bióxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (VOC). Afortunadamente, los adelantos en la tecnología del control de la contaminación, los combustibles alternativos y los cambios en el estilo de vida, tales como un uso mayor del transporte compartido y del transporte masivo, pueden minimizar los efectos perjudiciales del uso del automóvil. Además, los reglamentos que controlan la calidad del combustible de los automóviles también han contribuido a lograr una mayor eficiencia y menores emisiones.

Los programas para restaurar la calidad del aire a niveles aceptables se basan en el conocimiento científico, así como en datos que se obtiene mediante estaciones de monitoreo, inventarios de fuentes de emisión y modelos matemáticos de simulación del comportamiento y transporte de los contaminantes en el aire. También se basan en el desarrollo de tecnologías para la prevención y el control de emisiones que se aplican directamente en las industrias y en los vehículos. Para ello, se están realizando estudios de investigación aplicada para apoyar las políticas sectoriales que reviertan y prevengan la contaminación del aire y que permitan el desarrollo de instrumentos normativos sustentados en aspectos científicos y que suministren información sobre herramientas de evaluación y seguimiento apropiadas a la sociedad.

### **METAS, ESTRATEGIAS Y PROYECCIONES**

La situación actual del recurso aire nos coloca ante la necesidad de explorar medidas alternas que puedan remediar la situación existente y aportar nuevas soluciones a los problemas que hoy afectan la calidad del recurso. A esos efectos, y para poder continuar con mayor efectividad, la misión de la JCA de proteger y mejorar la calidad del aire y el ambiente en general, es recomendable que se realicen proyectos que involucren, entre otros, la comunidad universitaria, organizaciones comunitarias, profesionales de la salud, el Colegio de Ingenieros y Agrimensores, el Departamento de Climatología del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico, la Administración Nacional para Asuntos Atmosféricos y de Oceanografía (NOAA, por sus siglas en inglés), la Corporación de Puerto Rico para la Difusión Pública (WIPR) y otras entidades.

En este contexto, se puede establecer acuerdos de cooperación con las distintas universidades del País. Mediante estos acuerdos, la JCA podrá utilizar la información que se genera como resultado de los trabajos investigativos y las tesis que se preparan en estas instituciones académicas. Como parte de esta estrategia, se debe considerar también el ofrecer incentivos para desarrollar proyectos dirigidos a resolver la dependencia de los combustibles fósiles y minimizar las emisiones de las industrias.

En adición, el Área de Calidad de Aire se propone lograr varias metas a corto plazo:

- ❖ Promulgar reglamentación relacionada al calentamiento global, según lo establece la Ley 416 del 22 de septiembre de 2004.
- ❖ Participar en el proceso de mecanización que se ha propuesto la JCA como una de sus metas principales.
- ❖ Establecer una fiscalización más agresiva para asegurar que la comunidad regulada cumpla con las condiciones especificadas en los permisos que se otorgan.

A largo plazo, el Área de Calidad de Aire tiene las siguientes proyecciones:

- ❖ Ampliar la Red de Muestreo de Calidad de Aire para contaminantes SO<sub>2</sub> y PM<sub>2.5</sub>
- ❖ Establecer la Escuela de Olores y la Escuela de Opacidad, según la Ley 416 del 22 de septiembre de 2004.
- ❖ Completar el Panel Asesor de Pequeños Negocios.
- ❖ Revisar el proceso de permisos con miras a establecer una tramitación más ágil en el otorgamiento de los mismos.

Para conservar el aire limpio para el uso y disfrute, no sólo de la presente generación sino también de las generaciones futuras, se requiere el esfuerzo y compromiso de todos. Esto sólo se puede lograr mediante la participación extensa de todos los sectores de la sociedad. Como lo dijo acertadamente Abraham Lincoln: “Con el apoyo del sentir público nada puede fallar; sin él nada puede triunfar”.

## **ABREVIATURAS**

---

- ❖ **AP-42** - *Compilation of Air Pollutant Emisión*
- ❖ **AQI** - Índice de Calidad de Aire

- ❖ **CFC** - Clorofluorcarbonados
- ❖ **CH<sub>4</sub>** - Metano
- ❖ **CO** - Monóxido de Carbono
- ❖ **CO<sub>2</sub>** - Bióxido de Carbono
- ❖ **EPA** - Agencia de Protección Ambiental Federal
- ❖ **JCA** - Junta de Calidad Ambiental
- ❖ **MC** - Frecuencia Muestreo de Aire Continuo
- ❖ **MI** - Frecuencia Muestreo de Aire Intermitente
- ❖ **NAAQS** - Normas Nacionales de Calidad de Aire - *National Air Ambient Quality Standards*
- ❖ **NASA** - *National Aeronautics and Space Administration*
- ❖ **NO<sub>2</sub>** - Bióxido de Nitrógeno
- ❖ **NOAA** - *National Oceanic Atmospheric Administration*
- ❖ **ppm** - parte por millón
- ❖ **PREPA** - *Puerto Rico Electric Power Authority*
- ❖ **RCCA** - Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica
- ❖ **SO<sub>2</sub>** - Bióxido de Azufre
- ❖ **TSP** - Particulado Total Suspendido
- ❖ **µg/m<sup>3</sup>** - Microgramo por metro cúbico
- ❖ **USGS** - *United States Geological Survey Agency*
- ❖ **VOC** - Compuestos Orgánicos Volátiles