

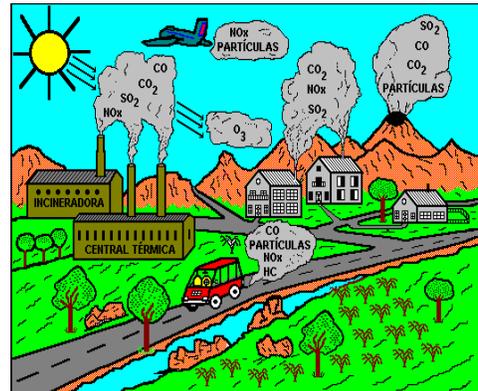
4

Recurso Aire

Condición Actual

IMPORTANCIA Y DATOS GENERALES SOBRE EL RECURSO

En los últimos años, la contaminación ambiental se ha convertido en uno de los problemas más importantes en el ámbito mundial, y Puerto Rico no es la excepción. Una de las vertientes de este problema es la contaminación del aire. Esta puede tener su causa en ciertos eventos o fenómenos de la naturaleza (fuentes naturales) o en los diferentes procesos producidos por el hombre (fuentes antropogénicas). En el caso particular del aire, la contaminación consiste en una concentración elevada de gases y partículas que flotan en el ambiente, lo que reduce la calidad del aire tanto en la ciudad como en el campo.



Las fuentes de la contaminación atmosférica se dividen en naturales y artificiales:

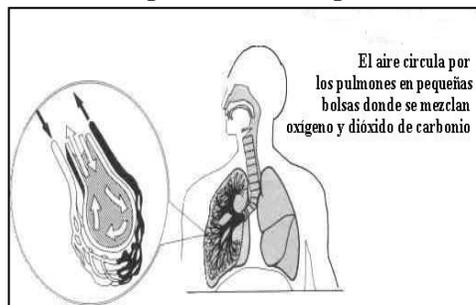
- **Naturales:** Son factores que contaminan independientemente de las actividades humanas, como los vientos que producen polvaredas, las erupciones volcánicas, la erosión del suelo, los incendios forestales.
- **Artificiales:** Son las que contaminan a causa de actividades humanas como las industrias, los medios de transporte, las estufas de gas, los refrigeradores.

Los contaminantes del aire actúan sobre múltiples aspectos del medio ambiente y la salud humana. La contaminación atmosférica se define como la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de contaminantes, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre.

Existe evidencia, corroborada por los datos epidemiológicos existentes, de que la contaminación atmosférica está asociada a impactos adversos sobre la salud humana. Los grupos más sensibles que parecen presentar el mayor riesgo incluyen las personas de

edad avanzada, fumadores, niños y aquellas personas con problemas respiratorios o cardio-pulmonares, como asma y alergias.

Los ecosistemas también sufren los efectos directos o indirectos de la contaminación del aire, tanto por deposición seca como húmeda. Estos efectos adversos se producen bajo la acción de las partículas atmosféricas, pero también cuando éstas actúan como soporte para otros contaminantes.



Entre los principales contaminantes del aire se encuentran los siguientes:

- Monóxido de Carbono (CO): Se define como un gas inodoro e incoloro. Cuando se le inhala, sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones produce mareos, dolor de cabeza y fatiga. En concentraciones mayores puede ser mortal.

Se produce como resultado de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y el carbón. Es bien común encontrarlo en concentraciones elevadas en lugares cerrados, como estacionamientos, túneles mal ventilados, e incluso en lugares de congestión vehicular.

- Bióxido de Nitrógeno (NO₂): Es producido por la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es una de las principales causas del *smog* y la lluvia ácida. El primero, se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. La segunda, se forma en las nubes altas donde el SO₂ y los NO_x reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.
- Bióxido de Azufre (SO₂): Es un gas inodoro cuando se halla en bajas concentraciones, pero en alta concentración despide un olor muy fuerte. Se produce por la combustión de carbón y combustibles fósiles para la producción de energía. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el bióxido de azufre es uno de los principales causantes del *smog* y la lluvia ácida. Puede causar daños a la vegetación, en los metales, ocasionar trastornos pulmonares permanentes y problemas respiratorios.
- Partículas: Se incluye todo tipo de partículas sólidas y aerosoles, (partículas líquidas) suspendidas en el aire en forma de humo, polvo y vapores. Las partículas de la atmósfera provienen de diversas fuentes, como la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles y la construcción de caminos. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de éstas puede causar diversas enfermedades respiratorias. También, las partículas en suspensión son las principales causantes de la neblina, la cual reduce la visibilidad.
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC): Son sustancias químicas orgánicas. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes

básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Los compuestos orgánicos no se encuentran en la naturaleza, si no que se obtienen sintéticamente. Estos incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno (el solvente que más se utiliza para la limpieza en seco). Los VOC emanan de la combustión de gasolina, carbón y gas natural, y de solventes, pinturas, pegas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria. Los vehículos constituyen la fuente de emisión más importante de los VOC.

- Ozono (O₃): Es el ozono el que nos protege de la radiación ultravioleta. Se encuentra en altos niveles de la atmósfera, estratosfera, como una capa para proteger de los rayos ultravioletas del sol. Se puede encontrar en los bajos niveles de la atmósfera porque se produce de la reacción de compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. Es un gas incoloro con olor a ácido y es el principal componente del *smog*. Puede causar irritación en los ojos. Las altas concentraciones pueden causar daños severos a la respiración en personas sensitivas, especialmente ancianos y niños.
- Bióxido de Carbono (CO₂): Es el principal causante del efecto invernadero. Se origina de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, lo que puede causar aumento del ritmo respiratorio, desmayo e incluso la muerte.

Aunque se cree que los contaminantes emitidos en un punto específico del planeta parecen no impactar en otros lugares esto no es cierto, pues, la climatología o fenómenos atmosféricos como la lluvia y el viento los dispersan hacia otras regiones. Esta propagación de contaminantes se debe a que el aire, el suelo y el agua están correlacionados, de manera que los contaminantes presentes en cualquiera de estos medios afectan a los otros dos. Así la contaminación del aire tiene efectos directos sobre el agua y el suelo. Por lo que el aire contaminado:

- Afecta al suelo y al agua a través de los contaminantes atmosféricos.
- Afecta los ciclos biogeoquímicos (agua, fotosíntesis).
- Destruye o altera ecosistemas y cadenas alimenticias.

El aire se relaciona con el suelo y el agua de la siguiente manera:

- Al estar en contacto con ríos, mares y lagos, el aire se mezcla con el agua mediante oleajes y turbulencias.
- El aire está en contacto con el suelo y penetra en sus partículas debido a la presión atmosférica.
- En el aire hay agua en forma de vapor y gotas, lo cual hace posible la lluvia.

Las características físicas de un área son determinantes para que los contaminantes atmosféricos se concentren, se transformen o se dispersen. Existen condiciones que propician la concentración de los contaminantes en nuestro ambiente, como las físicas y urbanas que son determinantes para la contaminación atmosférica. Entre las condiciones físicas, se encuentran la altura con respecto al nivel del mar y los accidentes geográficos como los llanos, hondonadas y montañas. Por otro lado, las condiciones urbanas corresponden a la distribución, la cantidad y condiciones de las carreteras, casas, bosques, parques, industrias, entre otros. Es muy importante la distribución de calles, residencias, industrias y parques, ya que esto determina en gran medida la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera.

En áreas urbanas, la contaminación del aire proviene de una gran variedad de fuentes, principalmente de las industrias o del tráfico. Pero también, de fuentes naturales como el polvo del Sahara, aerosol marino, materia mineral natural del suelo o emisiones forestales. Por lo que es importante conocer el clima y los fenómenos naturales del área.

CLIMA

En el caso de Puerto Rico se disfruta de un clima casi perfecto, mayormente soleado, subtropical con variaciones estacionales mínimas, casi un verano perpetuo. La Isla está rodeada por el Océano Atlántico y el Mar Caribe. Está localizada entre dos corrientes marinas cálidas, la de las Antillas y la del Caribe. Estas mantienen el clima cálido y causan un alto contenido de vapor de agua. Esto, a su vez, no permite que las temperaturas descendan tanto durante la noche. Ambos factores contribuyen a que las temperaturas medias en San Juan oscilen entre los 70° F y los 90° F según el mes del año.

Además, Puerto Rico está al sur de un área con altas presiones permanentes constituida por Bermuda y Azores que generan los vientos alisios donde la influencia de éstos empuja a las nubes y refrescan el aire de los pueblos costeros y de las regiones de la montaña. Los vientos alisios proveen humedad que, en conjunto con la orientación de la Cordillera Central, son responsables de la distribución de la precipitación en Puerto Rico. A esto se debe que la parte norte es más húmeda que la parte sur de la Isla.

La humedad relativa del aire es muy elevada, entre el 60% y el 90%. La presencia de lluvias tropicales es constante a lo largo de todo el año, sobre todo en el norte y el este de la Isla y entre agosto y septiembre. El sur es más seco, registrándose al sudoeste precipitaciones anuales menores.

Durante los meses de invierno, el clima normalmente es más seco y fresco con lluvias esporádicas, debido a la inclinación del eje de la tierra. Predominan los vientos alisios del noreste. La temperatura ambiental se hace más fresca en la costa norte y más caliente en la ladera sur. En el verano, los vientos suelen cambiar más del sureste debido a las oscilaciones de las altas presiones de las Bermudas y al paso ocasional por el área de vaguadas (ondas tropicales). Éstas influyen mucho en la distribución normal de la precipitación en Puerto Rico, en la dirección del viento y pueden arrastrar nubes de polvo o dejarlas luego de su paso. Estos fenómenos ocurren durante la temporada de huracanes que se extiende desde junio a noviembre, pero con mayor frecuencia de agosto a septiembre. El clima que posee Puerto Rico usualmente previene la acumulación de

contaminantes atmosféricos, pero en otras ocasiones ayuda a aumentar las concentraciones principalmente de origen natural.

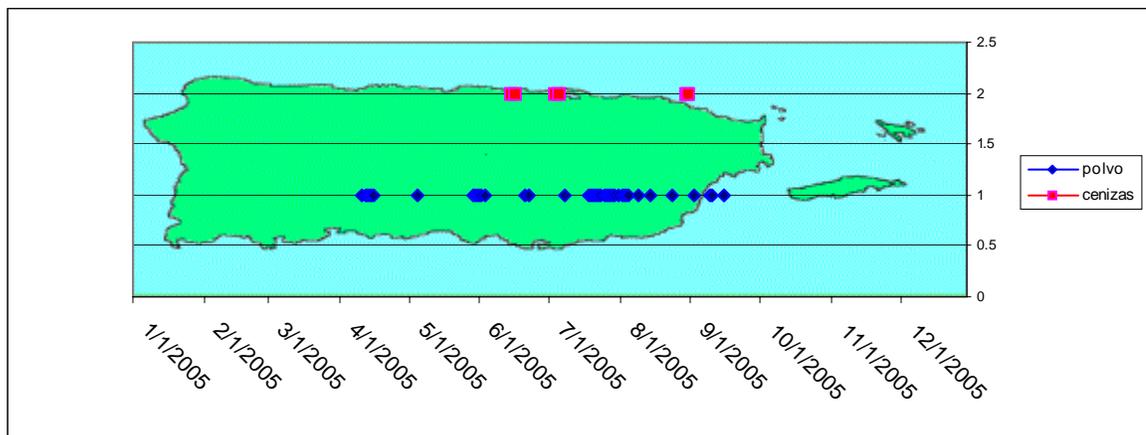
EVENTOS NATURALES

Entre los fenómenos que más afectan a Puerto Rico se encuentran el polvo del desierto del Sahara y las cenizas provenientes del volcán *Le Soufriere* ubicado en la Isla de Monserrate. Periódicamente la isla es impactada por ellos y se altera la calidad del aire. Específicamente, el polvo del Sahara incursiona anualmente, con mayor frecuencia en los meses entre junio y octubre. Además, nos impactan las cenizas de las erupciones volcánicas.

El polvo del Sahara se origina en el norte de África. Se compone de particulado y es arrastrado por la acción de fuertes vientos que se originan por el paso de vaguadas al sur del desierto de Sahara. Este viento, de velocidades mayores de 22.3 mph., levanta el polvo que junto a la inestabilidad atmosférica produce la vaguada. Luego, el material particulado es capturado por fuertes vientos del este que hacen que llegue hasta el Océano Atlántico.

Estudios demuestran que el tamaño promedio de ese particulado es de un rango de 4 a 10 μm ¹⁹, y no existe evidencia de relación entre la altura vertical alcanzada y el tamaño de la misma. Por lo que éste no influye en la distribución de la misma en la atmósfera. Se cree que existen otros mecanismos en la atmósfera que mantienen las partículas pequeñas o grandes en suspensión por semanas²⁰. Se ha demostrado, a través de satélites, que la mayor concentración de polvo del Sahara se encuentra en el lado anticiclónico de las ondas tropicales, y en Puerto Rico ocurre por el paso de éstas por el Caribe.

Gráfica 4.1: Días con Eventos Naturales en Puerto Rico 2005



La llegada del polvo de Sahara es mayormente observable, como lo muestra la figura anterior, durante los meses de verano. Esto causa reducción de visibilidad, cambia el

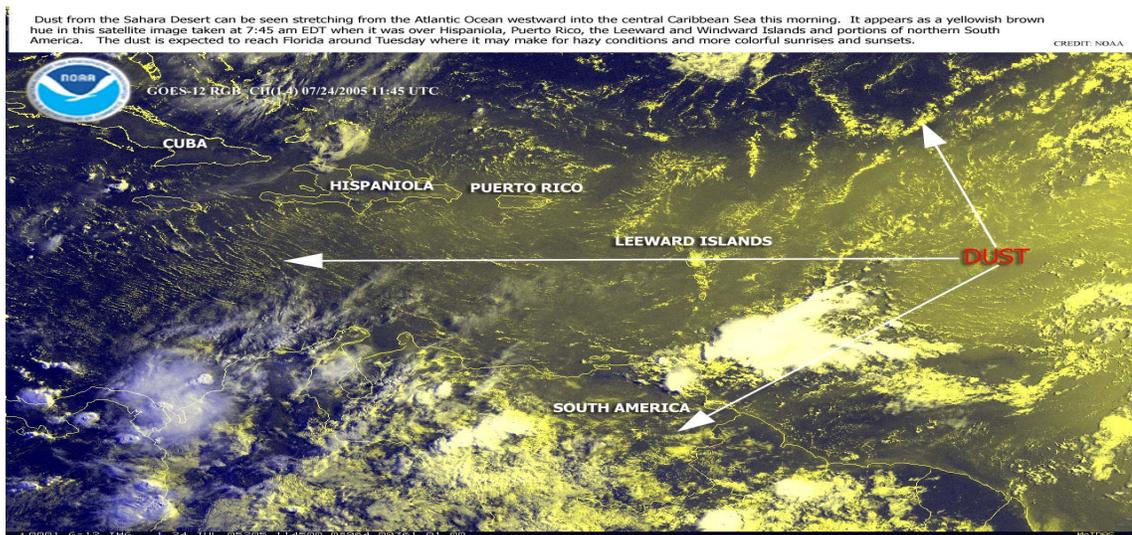
¹⁹ Karyampudi, 1999

²⁰ Reid et al., 2003

aspecto del cielo y reduce la calidad del aire. Durante el 2005, el polvo fue observado luego del paso de ondas tropicales, específicamente durante los meses de junio y julio.

El recuadro muestra el evento más significativo, por lo concentrado del polvo, en Puerto Rico durante el 2005 registrado entre el 23 y el 24 de julio. Esta nube de polvo fue observada desde el 18 de julio en la costa oeste de África formando una gran burbuja de polvo con rotación que viajaba hacia el Atlántico. Para el 22 de julio ya se aproximaba a las Antillas, con llegada a Puerto Rico el 23 de julio. Esta nube continuó por el Caribe, se redujo la visibilidad por dos días, y llegó hasta la Florida y el Golfo de México.

Fotografía 4.1: Polvos del Desierto de Sahara



Otro fenómeno natural que afecta la calidad del aire en Puerto Rico son las cenizas del volcán *Le Soufriere*. Este es de estructura simétrica y expulsa lava y fragmentos sólidos. Está activo desde julio de 1995 y se encuentra en la Isla de Monserrate al sureste de Puerto Rico, con una elevación de 915 metros sobre el nivel del mar. El polvo o cenizas del volcán ocurre por erupción repentina y emisiones continuas de vapor y azufre.

Cuando ocurren estas erupciones es bien probable que el particulado llegue a Puerto Rico. Esto depende de la velocidad y la dirección del viento de la cima del volcán, la severidad de la erupción y la duración del mismo.

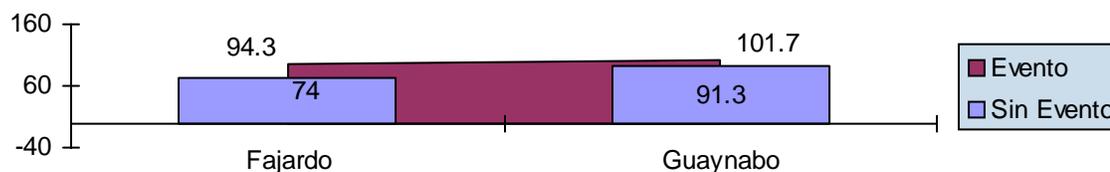
Durante el 2005, hubo varias erupciones y emisiones de cenizas que causaron que la calidad del aire en Puerto Rico se afectara en varias ocasiones. Existe evidencia, ya sea por fotos de satélites o reportes de pilotos, de estas actividades. Específicamente, el 28 de agosto, una alta concentración de cenizas y vapor por emisiones se observó sobre las Islas Vírgenes moviéndose hacia el oeste entre 5 a 10 nudos. Esta nube sobre Puerto Rico fue reportada por pilotos a las 3:40 p.m. a una altura de 7,000 pies. Aún el 1 de septiembre, pilotos reportaron olor a azufre cerca de la costa norte de San Juan.

Es bien probable que ocurran estas actividades y fenómenos nuevamente y con mayor frecuencia por el crecimiento en el tamaño de un nuevo domo volcánico. Esto es, una porción de magma (conjunto de rocas que existe debajo de la corteza terrestre cuya

temperatura es superior a los 1000° C.) con volátiles disueltos que pueden causar nuevas erupciones de tipo explosivo. Este nuevo domo comenzó el 11 de agosto de 2005 y continúa activo. La calidad del aire de Puerto Rico puede verse afectada nuevamente de ocurrir una erupción significativa de horas o días con vientos constantes en todos los niveles de la atmósfera, y si la nube de cenizas viaja sin mezclarse y sin precipitación que remueva las partículas.

Cuando estos fenómenos ocurren, la calidad del aire de todo Puerto Rico se ve afectada como se demuestra estadísticamente²¹ a continuación. Para realizar el análisis se seleccionaron dos estaciones de material particulado PM₁₀. La primera ubica en Fajardo y la segunda en Guaynabo. Estas estaciones toman muestras diariamente, lo que implica que de ocurrir eventos excepcionales éstos deben registrarse y, que el análisis no se afecta por no existir datos disponibles para los días de los eventos. Además, la estación que ubica en Fajardo no es impactada por emisiones de las industrias, sólo por condiciones ambientales. Mientras la que ubica en Guaynabo, registra emisiones provenientes de las industrias y del tráfico vehicular de la zona.

**Gráfica 4.2: Valor Designado Máximo
2003 - 2005**



Para las dos estaciones se calcularon los valores designados, tanto para el promedio máximo de 24 horas como el promedio anual del 2003 al 2005. Para ambas estadísticas calculadas se consideraron los días con y sin registro de eventos naturales. Si se observa el recuadro, el cambio luego del ajuste de los promedios es más notable en el 2005 y en los promedios anuales.

Tabla 4.1: Valor Designado Máximo - Fajardo

	Promedio 24 Horas Máximo			Promedios Anuales		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Fenómeno	81	81	121	22.5	23.0	22.0
No Fenómeno	81	81	60	21.7	20.6	18.9
Cambio	0	0.0	61	0.8	2.4	3.1

Tabla 4.2: Valor Designado Máximo - Guaynabo

	Promedio 24 Horas Máximo			Promedios Anuales		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
No Fenómeno	85	96	93	32.6	31.8	32.1
Fenómeno	92	96	117	33.7	34.4	35.5
Cambio	7	0.0	24	1.1	2.6	3.4

²¹ 40 CFR Parte 50 Apéndice K y Guías para el Desarrollo SIP PM₁₀

De acuerdo con los resultados y el análisis se demuestra que cuando suceden los eventos la calidad del aire se ve impactada significativamente. Es por esta razón, que la Junta de Calidad Ambiental recomienda estar atentos por el posible impacto y deterioro de la calidad del aire como consecuencia de los eventos naturales.

MUESTREO DE CONTAMINANTES

La evaluación de la calidad del aire en Puerto Rico por la Junta de Calidad Ambiental data del 1974, a través de la red de estaciones para muestreo de aire. Al principio se establecieron estaciones para muestrear Materia Total Suspendida (TSP, en inglés). Posteriormente, se establecieron estaciones para tomar muestras de otros contaminantes como: Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Azufre (SO₂), Ozono y Bióxido de Nitrógeno (NO₂). Siempre con el objetivo principal de velar que se cumpla con la política pública ambiental y con las normas nacionales de calidad de aire contemplada en la Ley de Aire Limpio del 1970.

Con el pasar del tiempo la reglamentación ha cambiado, estableciendo nuevos parámetros, como el PM_{2.5}, por lo que la red ha evolucionado de acuerdo a los cambios en la ley. Estos cambios llevaron a establecer nuevas estaciones o eliminar otras. Además, se ha incorporado tecnología y equipo atemperado con el tiempo.

CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Un contaminante puede ser cualquier elemento, compuesto químico o material de cualquier tipo, natural o artificial, capaz de permanecer o ser arrastrado por el aire. Puede estar en forma de partículas sólidas, gotas líquidas, gases o en diferentes mezclas de estas formas.

Contaminación Primaria y Secundaria

Resulta muy útil diferenciar los contaminantes en dos grandes grupos con el criterio de si han sido emitidos desde fuentes conocidas o si se han formado en la atmósfera. Así tenemos:

- Contaminantes primarios - Aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión.
- Contaminantes secundarios - Aquellos originados en el aire por interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN PUERTO RICO

A fin de determinar la condición de la calidad del aire en distintas partes de la Isla, se llevan a cabo diferentes acciones dirigidas a monitorear los contaminantes atmosféricos. Asimismo, se desarrollan proyectos y programas que tienen como propósito controlar la contaminación y mantenerla dentro de los límites que permiten las leyes y reglamentos vigentes. Algunos de estos proyectos son los siguientes:

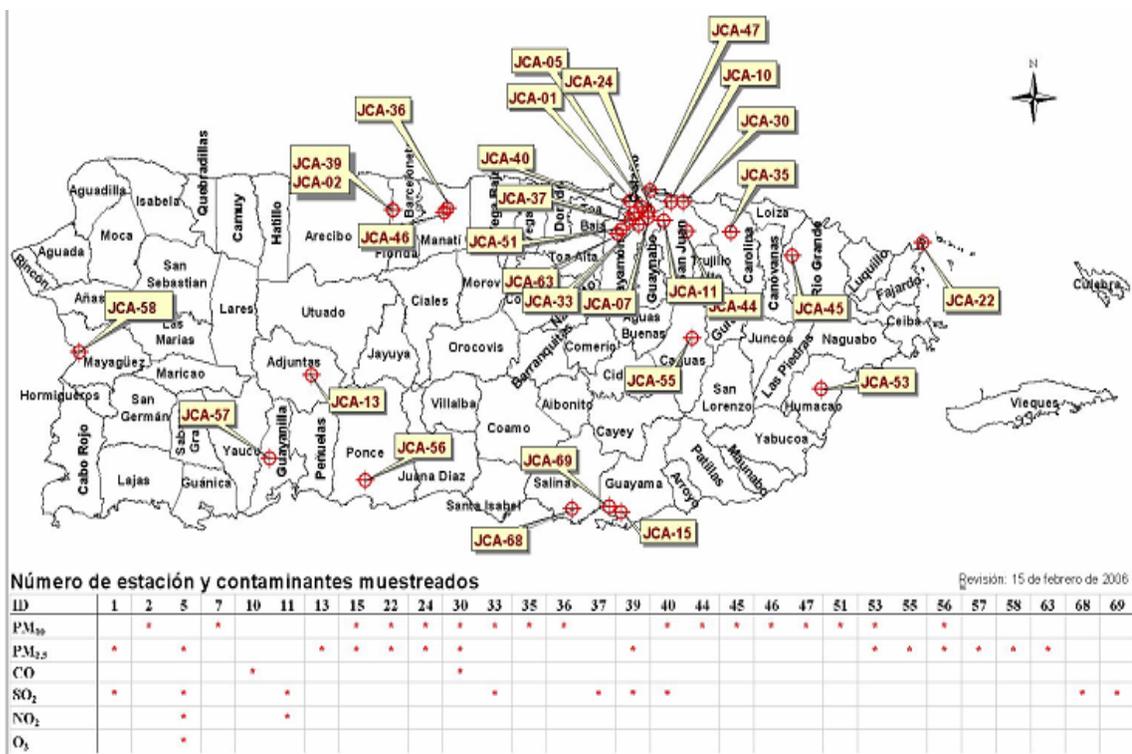
Red de Monitoría

La Junta de Calidad Ambiental establece los equipos de muestreo de acuerdo con los parámetros a medirse. Actualmente, la JCA posee equipos continuos e intermitentes, algunos con conexión remota, y otros con intervalos de frecuencia variada de acuerdo al parámetro. Para analizar SO₂, CO, Ozono y NO₂ se utiliza muestreo continuo. Para PM₁₀ y PM_{2.5}, la JCA posee equipos continuos e intermitentes.

El muestreo continuo permite muestras las 24 horas del día, los 365 días del año, con valores cada 5 minutos. Mientras estaciones con muestreo intermitente son muestreos diarios con intervalos de 24 horas, cada dos, tres o seis días. La frecuencia depende del objetivo de la estación.

Actualmente, la red de muestreo de aire se compone de 42 monitores. De los cuales, 17 analizan PM₁₀, 12 PM_{2.5}, 2 CO, 2 NO_x, 7 SO₂, 1 TSP y 1 de O₃. El mapa a continuación detalla la ubicación de los mismos.

Mapa 4.1: Red de Muestreo de Aire – Estaciones en Operación 2005



Fuentes y Tipos de Contaminantes

Material Particulado

El material particulado (PM, en inglés), es aquella materia en forma líquida o sólida que se subdivide en partículas pequeñas, las cuales se pueden dispersar, quedarse suspendidas en la atmósfera o ser arrastradas por corrientes de aire u otros gases. La materia

particulada en el ambiente proviene de una variedad de fuentes y tiene diferentes gamas en cuanto a tamaño y composición.

Gran parte de los problemas ambientales son causados por la contaminación atmosférica. Esta contaminación afecta tanto a los seres humanos como a la naturaleza. Debido a estos factores, la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, en inglés) estableció las Normas Primarias y Secundarias Nacionales de Calidad de Aire (NAAQS, en inglés) para el material particulado. Numerosos estudios científicos han provisto evidencia de que el material particulado en el aire está asociado con el incremento de mortalidad diaria, aún cuando está por debajo de los niveles establecidos por la Norma Nacional establecida en el 1997.

Muchos recursos naturales y acciones del hombre emiten directamente PM o emiten otros contaminantes que reaccionan en la atmósfera y forman PM. El diámetro de la materia particulada es en nanómetros y decenas de micra (micrón = 1 millonésima de metro). Los niveles de material particulado se expresan en forma de concentración de masa o volumen de particulado por unidad de volumen de aire, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ = microgramos por metro cúbico).

Diagrama 4.1: Ejemplo de Contaminación con Material Particulado

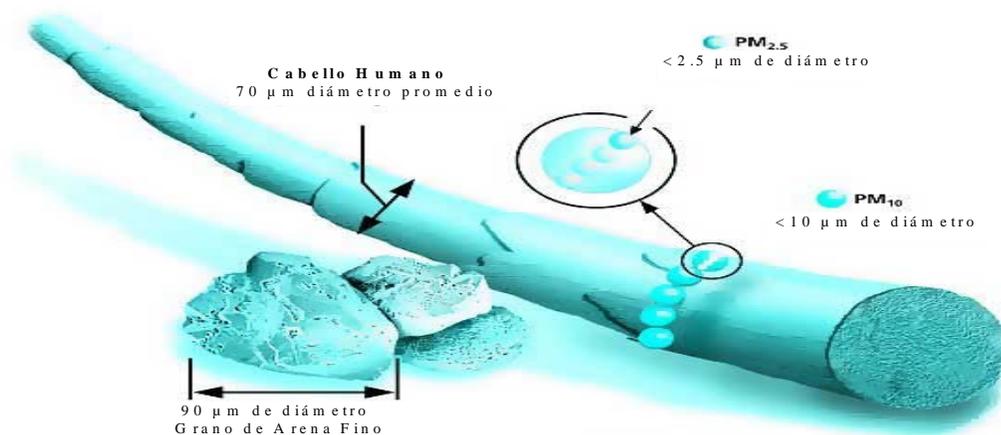


Imagen cortesía de la EPA, Oficina de Investigación y Desarrollo

Algunas partículas conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente de una fuente, como construcciones, carreteras o caminos sin pavimentar, fuegos (incluyendo incendios forestales), emisiones vehiculares, polvo del desierto de Sahara (39 eventos registrados durante el 2005), cenizas de volcán (15 eventos registrados en el 2005) y sequías.

La Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*, en inglés) requiere que la EPA establezca una Norma Nacional de Calidad de Aire, (NAAQS, en inglés), para seis contaminantes, donde el material particulado es uno de éstos. La Ley de Aire Limpio estableció estándares nacionales de calidad de aire, los cuales son revisados cada cinco años.

1. **Material Particulado PM₁₀**:

Partículas con un diámetro aerodinámico de 10 micrómetros (PM₁₀) o menos representan una preocupación o problema a la salud porque pueden ser inhaladas y acumuladas en el sistema respiratorio.

Tabla 4.3: Normas para PM ₁₀	
Tiempo promedio	Nivel (µg/m ³)
24 horas	150
Anual (promedio aritmético)	50

La última revisión de los NAAQS fue propuesta el 20 de diciembre del 2005. El material particulado puede tener efectos perjudiciales sobre la salud y bienestar del hombre, puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias, suscitar los efectos de algunas enfermedades cardiovasculares y reducir o afectar la visibilidad en ciertas zonas de alta contaminación. Así mismo puede retrasar el deterioro de muchos materiales hechos por el hombre, de uso en la vida diaria.

Algunos problemas de salud causados por la exposición a PM₁₀ son: irritación en los ojos, nariz y garganta, efectos en la respiración y en el sistema respiratorio, daño al tejido pulmonar, cáncer y muerte prematura. Los ancianos, niños y personas con enfermedades crónicas del pulmón, influenza o asma tienden a ser especialmente sensitivas a los efectos de la materia particulada.

La red de muestreo de la JCA se estableció con el objetivo de proteger la salud humana, el medio ambiente, mejorar la calidad del aire y elevar el nivel de vida de la población. La JCA realiza muestreo atmosférico mediante estaciones fijas de PM₁₀. Para medir las concentraciones intermitentes de PM₁₀ se utiliza un equipo especializado, el cual recoge las muestras a ser analizadas.

El instrumento utilizado para medir PM₁₀ es el *Hi-Volume Size Selective Inlet (SSI*, en inglés), el cual recoge partículas suspendidas con un diámetro aerodinámico igual o menor de 10 micrones y utiliza un filtro inerte de cuarzo.

Otro instrumento que se utiliza para el muestreo es el TEOM. En el mismo, las partículas que entran pasan por unos tubos de aceleración donde las partículas de más de 10 micrones se quedan atrapadas mientras las de 10 micrones o menos continúan hacia el traductor (*mass traducer*). En el interior se encuentra un filtro de teflón cubierto de fibra de vidrio donde se adhiere el particulado. El filtro es pesado cada dos segundos, y se obtiene una concentración de masa total en promedios de 30 minutos y una hora.

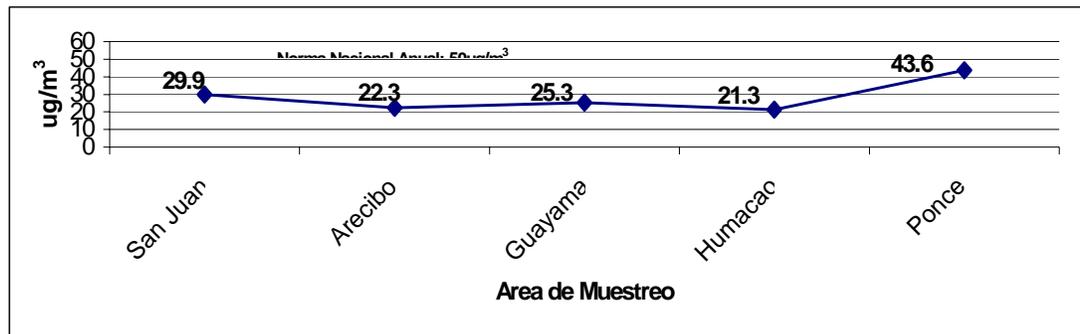
La JCA cuenta actualmente con once estaciones fijas de muestreo atmosférico intermitente de PM₁₀: una en la Región de Ponce, una en la Región de Guayama, tres en la Región de Humacao y seis en la Región de San Juan. Al comienzo de 2005, se habían establecido 5 (cinco) estaciones más, para un total de 17 (diecisiete). De éstas, 3 (tres) se encontraban en la Región de Arecibo (JCA 2 en Barceloneta, JCA 36 y JCA 46 ambas en Manatí) y 2 (dos) más en la Región de San Juan (JCA 35

en Carolina y JCA 51 en Bayamón). La JCA decidió discontinuar el muestreo luego de evaluar y analizar estadísticamente los datos colectados por éstas. Se encontró que la probabilidad de exceder los estándares nacionales era mínima, ya que las concentraciones eran bien bajas comparadas con la norma nacional para PM₁₀.

A continuación se presenta el análisis de los últimos tres años (2003-2005) de los datos obtenidos de PM₁₀, con el propósito de determinar si ocurrió algún aumento o disminución de los valores y evaluar el cumplimiento con la Norma Nacional.

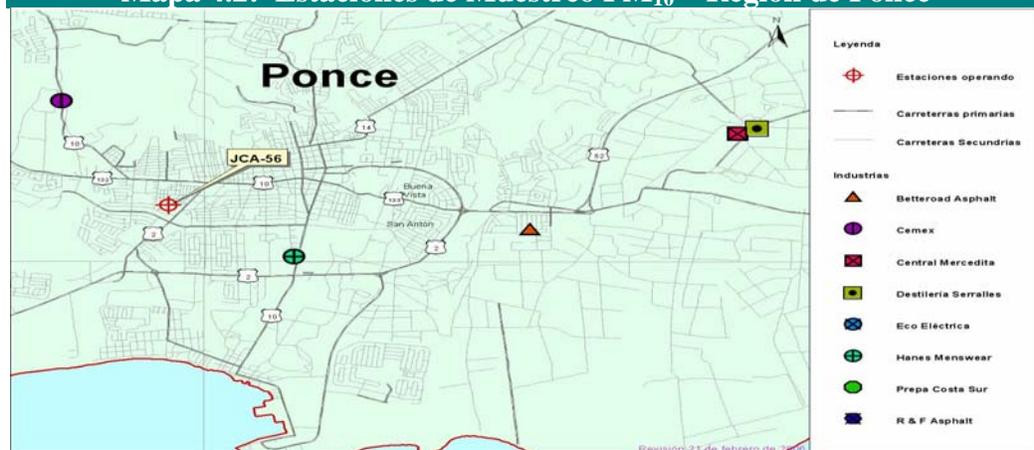
- El promedio anual aritmético para las diferentes regiones durante los últimos tres años es: Región de Ponce 43.6 µg/m³, Región de San Juan 29.9 µg/m³, Región de Humacao 21.3 µg/m³, Región de Guayama 25.3 µg/m³ y Región de Arecibo 22.3 µg/m³. De acuerdo al mismo se deduce que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional de 50 µg/m³.
- Como se puede observar en la gráfica-2, la región que registró las concentraciones más altas fue la de Ponce, con un promedio aritmético de 43.6 µg/m³, seguida de la región de San Juan con 29.9 µg/m³.

Gráfica 4.3: Promedio Aritmético Anual PM₁₀
2003 - 2005



a. Región de Ponce:

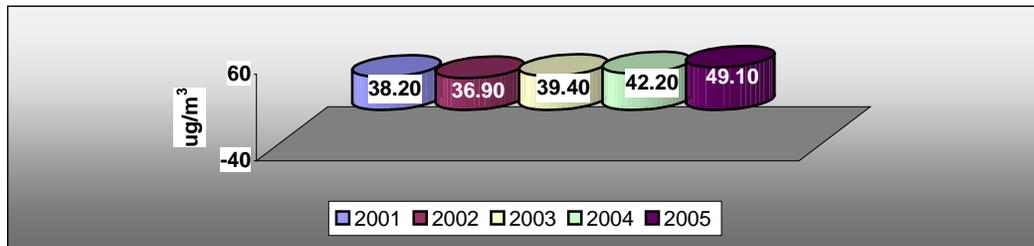
Mapa 4.2: Estaciones de Muestreo PM₁₀ – Región de Ponce



La estación 56 se encuentra en la Urb. San Antonio en la Defensa Civil de Ponce. Se instaló con el propósito de proteger la población, ya que en este municipio existe una gran cantidad de actividad industrial teniendo un marcado impacto en la calidad ambiental.

El comportamiento de las concentraciones de esta estación durante los últimos cinco años es:

Gráfica 4.4: Promedio Aritmético Anual PM₁₀ – Región de Ponce



De acuerdo a los datos recopilados, las concentraciones de esta estación han ido en aumento durante los últimos cinco años, pero hasta el momento nunca han sobrepasado la norma establecida. Al analizar estos datos se incluyen los eventos naturales que afectan las concentraciones, como lo son las cenizas y el polvo del desierto.

- La concentración más alta para 24 horas se registró en el 2001. Fue de 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Para el 2005 se analizaron 59 datos de 24 horas.
- El 100% de datos cumple con la norma establecida.
- El valor designado de 24 horas de los últimos tres años (2003-2005) es de 88.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b. Región de San Juan:

Mapa 4.3: Estaciones de Muestreo PM₁₀ – Región de San Juan

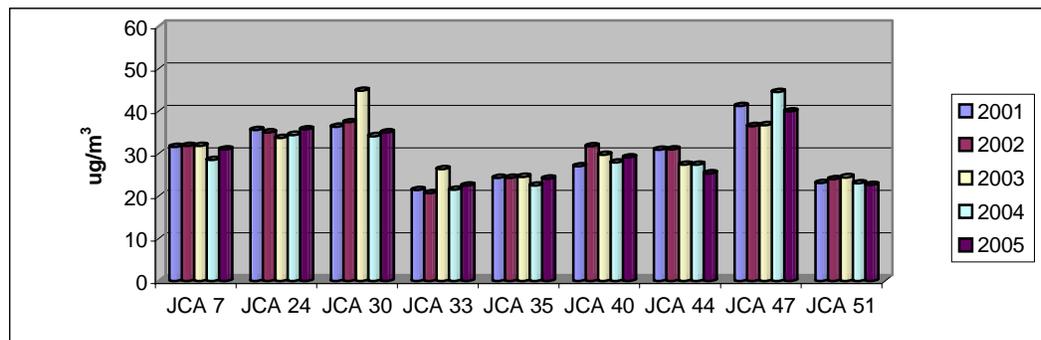


Esta región está compuesta por varios municipios en los que se encuentran actualmente seis estaciones. Durante el 2005, de 14 años. Esta área se distingue por tener una mayor concentración de habitantes.

- Como región el valor designado para el 2005 fue de $29.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Fueron cerradas dos estaciones por presentar bajas concentraciones por un periodo.
- Su valor designado de 24 horas para los últimos tres años fue $84.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ambos datos cumplen con la norma establecida.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de las concentraciones de esta región durante los últimos cinco años.

Gráfica 4.5: Promedio Aritmético Anual PM_{10} – Por Estación



La estación 7 está localizada en las instalaciones del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés) en el pueblo de Guaynabo. Esta estación toma muestras cada tres días. La concentración más alta que se registró para 24 horas fue de $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (año 2001). Ninguno de los datos en los últimos cinco años superó la norma establecida. Para el 2005 se analizaron 106 datos de 24 horas. El promedio aritmético anual para este año fue de $31.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado de 24 horas (2003-2005) de la estación 7 fue de $88.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La estación 24 está ubicada en la subestación de la Autoridad de Energía Eléctrica en Guaynabo y monitorea diariamente. En el 2005 se recogieron 327 datos de 24 horas. La concentración máxima se registró en este mismo año con $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El 100% de los datos está dentro de la norma establecida para 24 horas. El promedio aritmético para esta estación en el 2005 fue de $35.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado de 24 horas de esta estación fue de $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la Ave. Baldorioty de Castro se encuentra la estación 30. Esta estación monitorea cada dos días. Para el 2005 se analizaron 163 datos en concentraciones de 24 horas. En el 2003 se registró la concentración máxima para estos últimos cinco años, con $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ninguno de los datos superó la norma establecida. El promedio aritmético en el 2005 fue de $35.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado de 24 horas para esta estación fue $101.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La estación 33 está localizada en la Base *Fort Buchanan* en Guaynabo. Toma muestras cada seis días. Se recogieron 53 datos para el 2005. La concentración máxima registrada fue de 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2005). Todos los datos cumplieron con la norma establecida. El promedio aritmético anual para esta estación en el 2005 es de 22.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado de 24 horas de esta estación es de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el barrio Las Vegas de Cataño, está localizada la estación 40. Esta monitorea todos los días con muestreo continuo. El número de observaciones para el 2005 fue 7,704. La concentración máxima de 24 horas fue de 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio aritmético anual en el 2005 es de 29.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado fue de 28.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La estación 44 se ubica en la calle William Jones en Río Piedras. Esta se instaló por la gran concentración de flujo vehicular y zonas comerciales, y toma muestras cada seis días. En el 2005 se analizaron 44 datos. Ninguno de los datos de los últimos cinco años sobrepasó la norma. La observación más alta fue de 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el 2005. El promedio aritmético anual fue de 25.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado para esta estación fue de 77.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

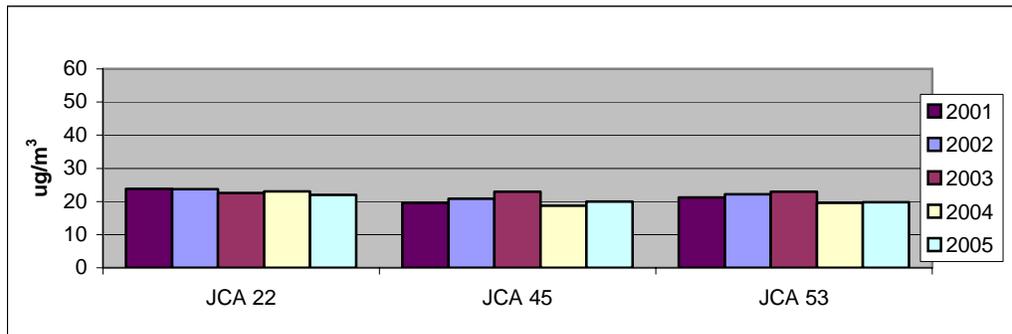
La estación 47 se encuentra localizada en el Terminal Covadonga en la Ave. Fernández Juncos y la calle Comercio en San Juan. El monitoreo de esta estación es cada seis días. La concentración máxima para 24 horas fue de 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (año 2005). El 100% de los datos cumple con la norma establecida. Durante el 2005 se analizaron 51 datos. El promedio aritmético para el 2005 fue de 39.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado (2003-2005) para esta estación fue de 88.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En Sierra Bayamón, en la Escuela José Dávila Sempritt, hasta este año, se encontraba la estación 51. Esta estación tomaba muestras cada seis días. Su concentración máxima fue de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2004. Los datos en su totalidad cumplen con la norma establecida. La estación cerró en abril de este año, ya que mostraba bajas concentraciones. Se analizaron 17 datos. El promedio aritmético anual para el 2005 fue de 22.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado fue de 65.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

c. Región de Humacao:

La región de Humacao está compuesta por varios municipios donde se encuentran ubicadas tres estaciones: la estación JCA 22 en Fajardo, la estación JCA 45 en Río Grande y la estación JCA 53 en Humacao. El comportamiento de las concentraciones de las estaciones ubicadas en esta región es como se demuestra en la gráfica: una tendencia a mantenerse por debajo de la norma anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gráfica 4.6: Promedio Aritmético Anual PM₁₀ – Región de Humacao



Mapa 4.4: Estaciones de Muestreo PM₁₀ – Región de Humacao



La estación 22, ubicada en el Faro de Fajardo, toma muestras diariamente y su propósito es de trasfondo. Su concentración máxima para 24 horas fue de 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2005. El 100% de los datos cumplen con la norma establecida. En el 2005 se analizaron 308 datos. El promedio aritmético en esta estación para este año fue de 22.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el valor designado (2003-2005) de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el municipio de Río Grande, la carretera 959, se encuentra localizada la estación 45. Esta toma muestras cada seis días y también se considera como referencia de trasfondo. La concentración máxima registrada en esta estación fue de 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2003. Ninguno de los datos sobrepasó la norma establecida. Para el 2005 se analizaron 48 datos y el promedio aritmético fue de 20.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Registró 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de valor designado (2003 – 2005).

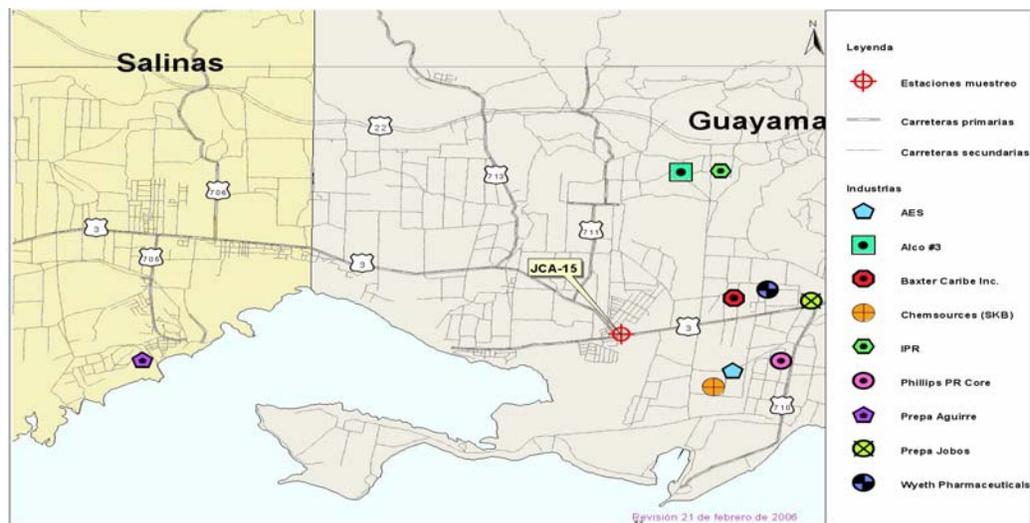
La estación 53 se encuentra en las calles Gladiola y Girasol en el pueblo de Humacao. El monitoreo es cada seis días. La concentración máxima para 24 horas registrada en los últimos cinco años es de 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2003; todos los datos cumplen con la norma establecida. En el 2005 se analizaron 44 datos y el

promedio aritmético anual fue de $19.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado para esta estación fue de $73.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Como región, el valor designado para el 2005 fue de $20.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Su valor designado para los últimos tres años fue $72.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ambos datos cumplen con la norma establecida.

d. Región de Guayama:

Mapa 4.5: Estaciones de Muestreo PM_{10} - Guayama

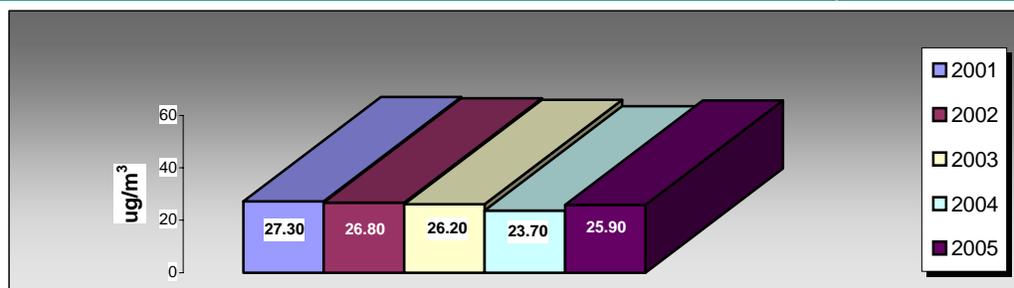


La estación 15 se encuentra ubicada en el Barrio Jobos en Guayama y se instaló con el propósito de proteger a la población. Esta toma muestras cada tres días.

El comportamiento de las concentraciones para los últimos cinco años está por debajo de la norma anual de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como se puede observar, las concentraciones de esta estación han disminuido durante los últimos cinco años, con excepción de este último año que hubo un aumento, pero hasta el momento nunca han sobrepasado la norma establecida.

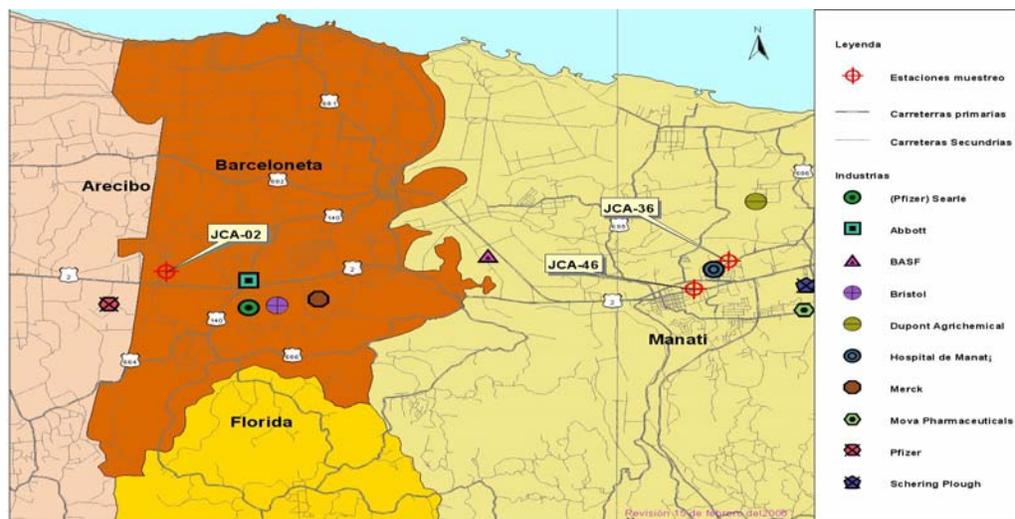
Gráfica 4.7: Promedio Aritmético Anual PM_{10} - Guayama



- La concentración más alta para 24 horas se registró en el 2001. Fue de 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- En el 2005 se analizaron 119 datos de 24 horas.
- Todos los datos cumplen con la norma establecida.
- El valor designado es de 81.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

e. Región de Arecibo:

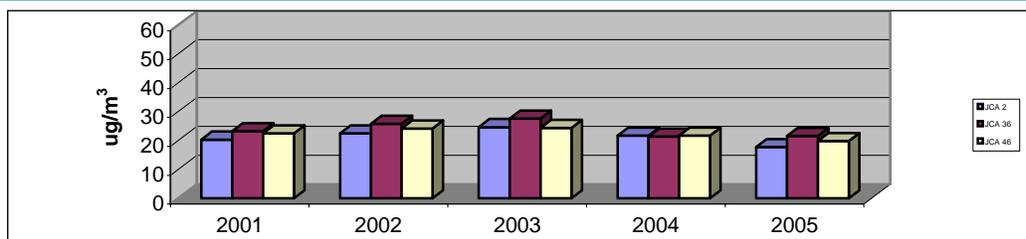
Mapa 4.6: Estaciones de Muestreo PM_{10} – Región de Arecibo



En esta región hasta el 2005, se encontraban tres estaciones: JCA 2 en Barceloneta, JCA 36 en Manatí y la JCA 46 ubicada también en el pueblo de Manatí. Todas las estaciones en esta región fueron eliminadas en abril de este año (2005), ya que mostraban bajas concentraciones.

- Como región el valor designado anual para el 2005 fue de 19.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Su valor designado de los últimos tres años fue 61.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ambos datos cumplen con la norma establecida.

Grafica 4.8: Promedio Aritmético Anual – Area de Arecibo



La gráfica muestra el comportamiento de las concentraciones de las estaciones en los últimos cinco años.

La estación 2 se localizaba en las Parcelas Tiburón en el pueblo de Barceloneta y muestreaba cada seis días. Se instaló para proteger a la comunidad. La concentración máxima para 24 horas registrada en los últimos cinco años fue de $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2003. Ninguno de los datos sobrepasó la norma establecida. Se analizaron 18 datos en el 2005 y el promedio aritmético anual fue de $17.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado para esta estación fue de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La estación 36 se encontraba ubicada en el Cementerio Municipal de Manatí y tomaba muestras cada 6 días. La concentración más alta registrada fue de $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2003. El 100% de los datos cumplió con la norma establecida. En el 2005 se analizaron 14 datos y el promedio aritmético anual fue de $21.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Su valor designado para los últimos tres años fue de $65.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el municipio de Manatí también se encontraba la estación 46 ubicada en el Paseo del Poeta. Tomaba muestras cada 6 días. La máxima concentración registrada fue de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (año 2003). Todos los datos estaban en cumplimiento con la norma establecida. En el 2005 se analizaron 18 datos y el promedio aritmético anual fue $19.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor designado de esta estación fue de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En general, de acuerdo a los datos obtenidos y analizados, podemos concluir que no hubo una diferencia significativa en las concentraciones de PM_{10} durante el 2005, comparadas con las del año anterior, a excepción de la estación 56 en Ponce. Esta estación se encuentra en un pueblo con una intensa actividad industrial, además de tener varias áreas con construcciones y movimiento de tierra como parte del desarrollo y remodelación. Actualmente se toman las medidas necesarias para controlar la contaminación en estas áreas y se cambió la frecuencia de muestreo de la estación a cada tres días para mantener mejor vigilancia del área.

Se espera que para el 2006 se comiencen a reflejar concentraciones más bajas en las estaciones, y que todas cumplan con las normas establecidas para la calidad del aire. Se recomienda establecer estaciones en áreas que actualmente no se monitorean, como lo es la región de Mayagüez y restablecer estaciones en zonas altamente industrializadas como el pueblo de Barceloneta.

2. **Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$** :

Los efectos del crecimiento poblacional y la degradación ambiental han ocasionado que el ambiente y los recursos naturales en Puerto Rico se afecten. La contaminación atmosférica causada por fuentes estacionarias y móviles a altas concentraciones puede causar que los puertorriqueños desarrollen problemas de salud. En la fauna y la flora se podría observar una disminución en el hábitat debido al impacto acumulado por los contaminantes atmosféricos. Muchos de ellos son producidos por el ser humano y otros por causas naturales.

La Junta de Calidad Ambiental tiene como objetivo proteger la calidad del aire y la salud de los ciudadanos. Por tal razón, la agencia cuenta con una red de muestreo de aire para material particulado 2.5 ($PM_{2.5}$). La partícula más fina es $PM_{2.5}$ y su tamaño es menor o igual a 2.5 micrones. El material particulado son partículas producidas en el aire por reacciones químicas entre gases que se encuentran mayormente en partículas de origen antropogénicos que son emitidos por procesos industriales (calderas, chimeneas y diesel) y otros contaminantes gaseosos producidos por vehículos de motor (camiones, carros, motoras).

Mapa 4.7: Promedio Aritmético Anual $PM_{2.5}$ - 2003 - 2005



Revisión: Marzo de 2006

El material particulado $PM_{2.5}$ se mide en microgramos sobre metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Según las Normas Nacionales de Calidad de Aire (NNCAA, en inglés), la concentración de $PM_{2.5}$ no puede pasar de $65 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ en un periodo de 24 horas y en un periodo anual aritmético no puede exceder de $15(\mu\text{g}/\text{m}^3)$. Cuando las concentraciones de $PM_{2.5}$ son altas y se inhala este contaminante se pueden desarrollar problemas de salud tales como: cáncer pulmonar, irritación en los ojos y nariz, síntomas respiratorios crónicos (asma, bronquitis), muerte prematura y enfermedades cardiovasculares.

En este informe se analizan los años 2003, 2004, 2005 de acuerdo a las estaciones de muestreo localizadas en los municipios. Actualmente la red de muestreo $PM_{2.5}$ se compone de 12 estaciones distribuidas entre las 6 oficinas que compone la JCA. Entre las 12 estaciones, 10 son de monitoreo intermitente y 2 de monitoreo continuo. El promedio anual aritmético más alto en Puerto Rico fue en la región de Arecibo con $8.27 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ seguido por la región de Mayagüez con $7.41 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

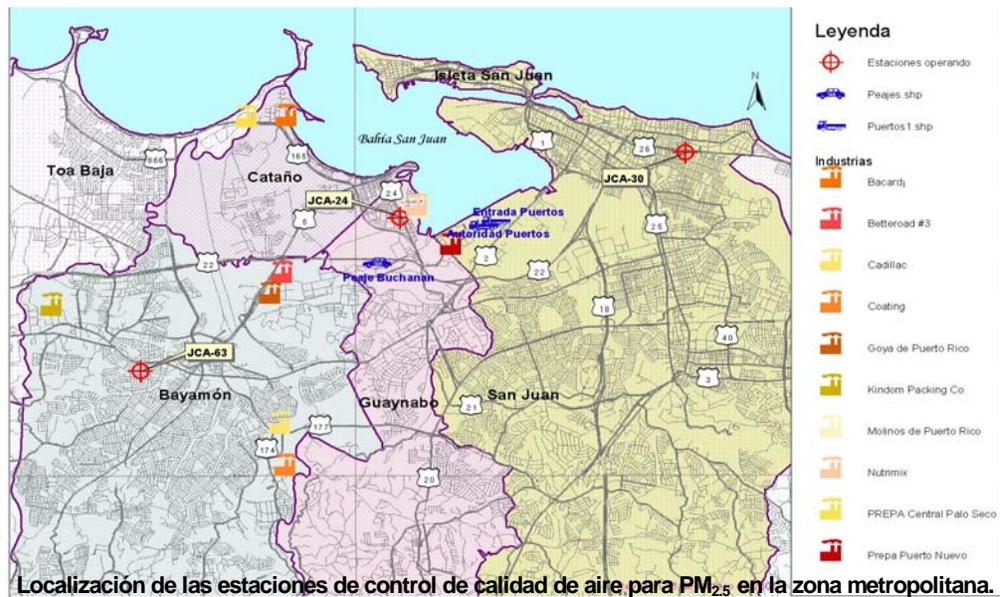
a. Región Metropolitana:

Esta zona comprende los municipios de Bayamón, Cataño, Guaynabo, San Juan, Trujillo Alto, Caguas y Carolina. Esta región tiene grandes complejos residenciales y comerciales. Está formada por espacios urbanos que combinan elementos de problemas sociales, económicos, de salud y ambientales, entre otros. Todo movido hacia un desarrollo urbano con una alta concentración de tráfico vehicular en nuestras carreteras.

Por ejemplo, en el peaje de Plaza Buchanan en horas pico se concentra gran cantidad de vehículos de motor (autos, camiones y motoras) que viajan en una sola dirección. Para el 2005, por dicho peaje transitaron 904,785 vehículos de motor, en comparación con el 2004 donde transitaron 874,086. Si se comparan estos dos años, la cantidad de tráfico vehicular aumentó en 30,739. Este aumento hace que se forme un embotellamiento a diferentes horas y los vehículos que transitan emitan gases de sus motores al aire.

Estas emisiones combinadas con otras generadas por las industrias cercanas hacen que la calidad del aire se afecte. Las industrias que más toneladas de contaminantes emitieron de $PM_{2.5}$ en el 2005 fueron PREPA Puerto Nuevo (planta generadora de electricidad de la AEE que según el reporte de Regla 410 emitió 248.89 ton./año), seguida por Bacardí que reportó 4.94 ton./año y Goya de Puerto Rico con 1.57 ton./año. Otro de los causantes de material particulado 2.5 es el tráfico vehicular que se desarrolla en la Ave. Baldorioty de Castro, Expreso Las Américas, Expreso de Diego y otras carreteras en la zona metropolitana. Los factores que afectan la calidad del aire pueden ser de fuentes móviles o estacionarias. Esta región cuenta con cuatro estaciones de material particulado 2.5 ($PM_{2.5}$).

Mapa 4.8: Estaciones de Muestreo $PM_{2.5}$ – Región de San Juan



Para determinar cumplimiento con las normas nacionales para $PM_{2.5}$ se calculó el valor designado para cada área de los últimos tres años. Además, se consideró el valor designado para cada una de las estaciones. En ambos cálculos se cumple con las normas de calidad de aire.

La estación 30 de $PM_{2.5}$ ubica en la Ave. Baldorioty de Castro en un entorno urbano y comercial. El muestreo de la estación es diario, con una influencia ligera de las emisiones de tráfico, por lo que el promedio fluctúa entre 12 – 6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el 2003 la concentración anual fue de 9.38 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con una

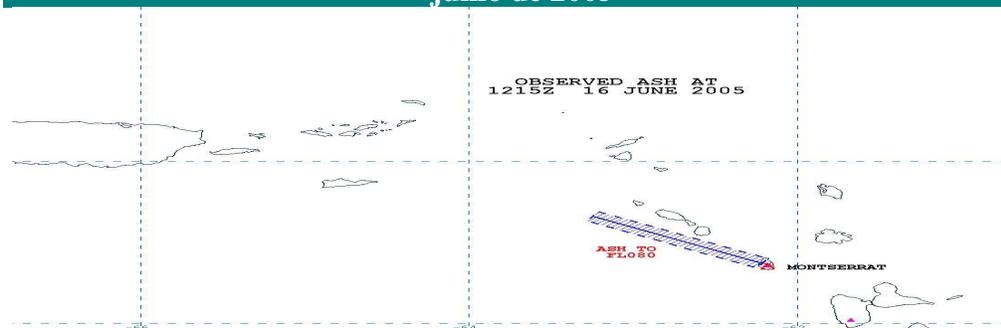
máxima de 24.1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y se analizaron un total de 321 muestras. En el 2004 la estación reflejó una disminución de 1.7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) cuando el promedio aritmético anual fue de 7.68 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obteniendo una máxima de 21.9 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y 255 muestras analizadas. La concentración registrada en esta estación aumentó en el 2005 en 0.36 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obteniendo un promedio aritmético anual de 8.04 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y alcanzó una máxima de 19.3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Se analizaron 331 muestras. Se reportaron 36 días con bruma y 13 con cenizas del volcán *La Soufriere* para un total de 49 días de eventos naturales reportados. La estación reflejó un aumento dentro del estándar y cumplió con las normas de calidad de aire.

Los factores del aumento se pueden deber a que la Ave. Baldorioty de Castro es una de las vías principales de la región metropolitana de San Juan y que a la vez es una de las arterias que conectan los pueblos del noreste y el este. Esta carretera estatal es utilizada por una gran cantidad de ciudadanos que la transitan para llegar a su trabajo y a las escuelas así como para realizar otras necesidades diarias. Las emisiones de los vehículos de motor que transitan por la avenida combinadas con el polvo fugitivo que se genera en la zona agravan la calidad del aire.

La estación 24 de $\text{PM}_{2.5}$ se encuentra ubicada en la subestación de la Autoridad de Energía Eléctrica en Guaynabo (Ver Mapa 4.8) y el muestreo es diario. Como se puede ver en el mapa, la estación 24 está en una zona industrial y con influencia de emisiones de tráfico de camiones, por lo que el promedio mensual está entre 12 a 5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el 2003 el promedio aritmético anual fue de 8.64 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con una máxima de 22.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y 312 datos observados. En comparación al 2004, se analizaron 321 y una máxima de 18.3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con un promedio aritmético anual de 7.36 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) reflejando una disminución de 1.28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en comparación con el 2003.

En el 2005 la estación registró un aumento de 0.59 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el promedio aritmético anual en comparación al 2004. Esta estación en el 2005 obtuvo un promedio anual de 7.95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obteniendo una máxima de 25.3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con 333 datos observados de los cuales 31 datos fueron días de bruma y 11 datos con cenizas del volcán *Le Soufriere*. El Mapa 4.9 muestra una trayectoria de eventos del volcán que afectó la calidad del aire para junio 2005 por el paso de las cenizas.

**Mapa 4.9: Trayectoria de Eventos del Volcán Le Soufriere
junio de 2005**

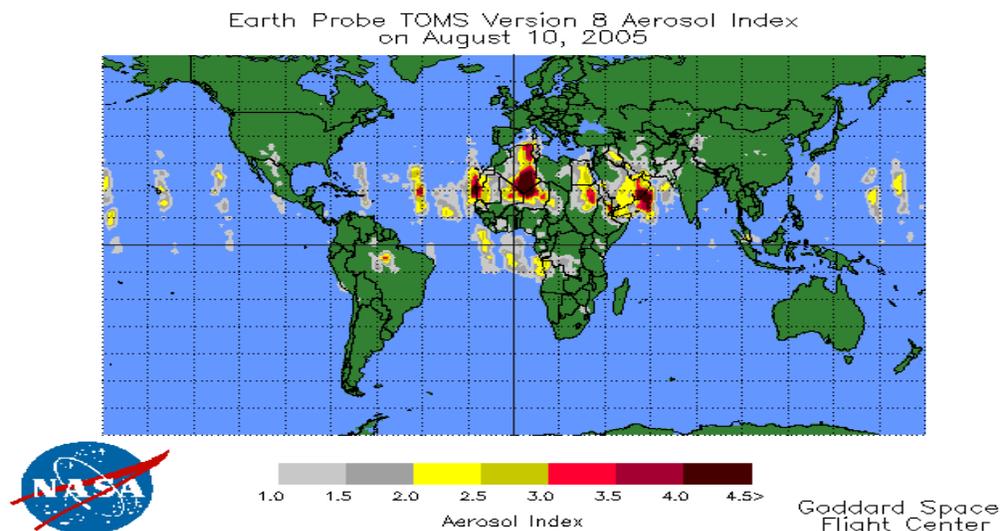


La Regla 410 establece que toda industria que tenga un equipo con capacidad igual o mayor de 8 MM, deberá requerir una asignación de por ciento de azufre de la JCA. Según la información recopilada la industria que emitió más toneladas de contaminantes de $PM_{2.5}$ fue PREPA Central Palo Seco con 472.3 (ton./año); le siguen PREPA Puerto Nuevo con 248.89 (ton./año) y Bacardí con 4.94 (ton./año) que son fuentes de contaminación atmosférica. También en la entrada de la Autoridad de los Puertos, el tráfico vehicular de camiones es constante y combinado con la entrada de barcos, el polvo fugitivo de las carreteras sin repavimentar produce contaminación atmosférica. Esto hace que la calidad del aire se afecte y la estación 24 lo refleja.

Otra de las estaciones de la zona metropolitana es la 63 y se encuentra en la urbanización Villa Rica en la Esc. Juan Morell Campos de Bayamón (Ver Mapa 4.8) se puede ver en el mapa, está ubicada en una zona residencial y con influencia de emisiones de tráfico vehicular, por lo que el promedio mensual está entre 9-4 ($\mu g/m^3$). Esta estación toma muestras cada 3 días.

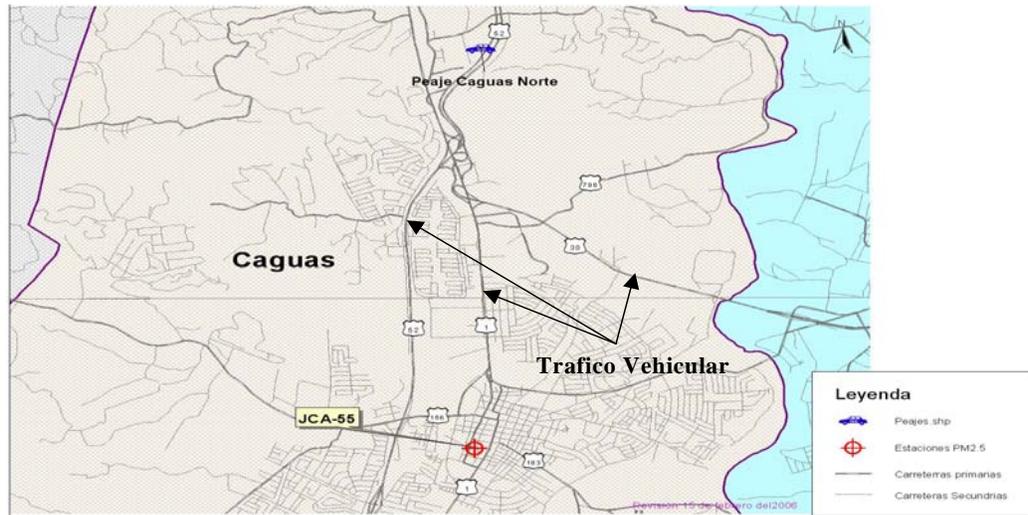
En el 2003 la estación registró un promedio aritmético anual de 6.46 ($\mu g/m^3$) con una máxima de 23.4 ($\mu g/m^3$) y se observaron 98 datos. En el 2004 se registró un promedio aritmético anual de 5.28 ($\mu g/m^3$) y la máxima de 15.1 ($\mu g/m^3$) con un total de 102 datos observados. La disminución fue de 1.18 ($\mu g/m^3$) en comparación al 2003. En el 2005, el promedio aritmético anual aumentó en 1.05 ($\mu g/m^3$) en comparación al 2004. La estación registró en el 2005 un promedio aritmético anual de 6.33 ($\mu g/m^3$) con una máxima de 19.3 ($\mu g/m^3$) en la cual se observaron 115 datos. De los 115 días observados, 11 registraron días de bruma y 6 de cenizas del volcán *Le Soufriere*. El Mapa 4.10 presenta cómo se transporta el polvo de Sahara. Este evento natural cuando pasa por Puerto Rico afecta la calidad de aire en la Isla.

Mapa 4.10: Polvo del Desierto de Sahara



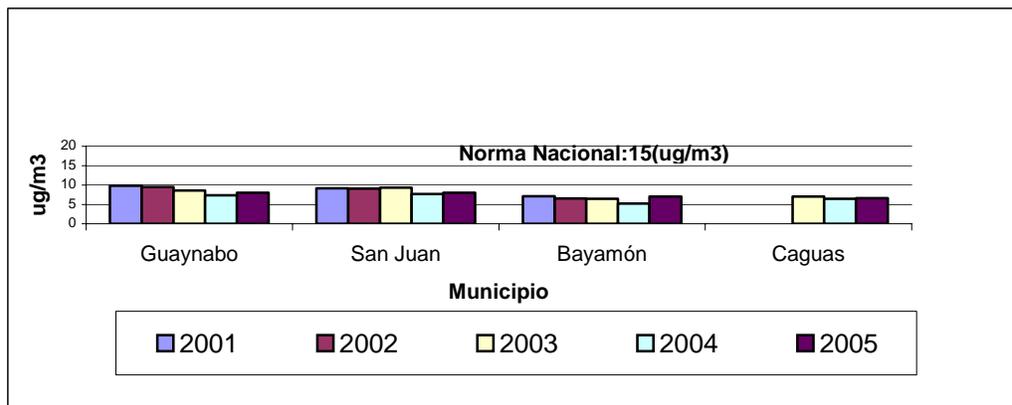
La estación 55 se encuentra en la calle Muñoz Rivera, esquina calle Georgetti en Caguas. Como se puede ver en el Mapa 4.11, está en una zona comercial para proteger la ciudadanía y tiene influencia de emisiones de tráfico vehicular lento de las carreteras 52, 30, 1 y una alta concentración vehicular en el peaje Caguas Norte. Según la Autoridad de Carreteras, en el 2005 transitaron por este peaje 706,732 vehículos de motor. La estación monitorea continuamente (por hora) y comenzó a recolectar datos en mayo del 2003 obteniendo un promedio aritmético anual de 7.07 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la concentración máxima alcanzada fue de 32.0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mapa 4.11: Estaciones de Muestreo PM_{2.5} - Caguas



En el 2004 el promedio aritmético anual fue de 6.46 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la máxima fue de 24.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) logrando una disminución de 0.61 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparado al 2003. En el 2005 el promedio aritmético anual fue de 7.17 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y alcanzó una máxima de 35.4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) logrando una disminución de 0.71 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparado con el 2004. La estación de 55 en Caguas ha disminuido cada año sus concentraciones y cumple con los estándares de calidad de aire.

Gráfica 4.9: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} - Región Metropolitana



La Gráfica 4.9 representa las concentraciones registradas de las estaciones de $PM_{2.5}$ durante los años 2001 y 2005 de la región metropolitana. Las estaciones cumplen con las normas establecidas en relación con las partículas $PM_{2.5}$.

b. Región de Humacao:

En la región de Humacao se encuentran dos estaciones que recolectan material particulado $PM_{2.5}$. Estas estaciones son la 22 en Fajardo y 53 de Humacao. La estación 22, como estación de trasfondo y referencia tiene como propósito entre otros, determinar el impacto de las cenizas del volcán *Le Soufriere* y el polvo del Desierto de Sahara. Durante el año, el volcán *Soufriere Hill* se activa y las cenizas que emite al aire son transportadas por el viento. Éstas llegan a la Isla y afectan la calidad del aire. Este volcán se encuentra en el sur de la isla de Monserrate en el Mar Caribe. Según el Servicio Nacional de Meteorología (NOAA, en inglés), se registraron 14 eventos de ceniza y 25 de bruma, los cuales se identificaron en los datos de la estación. La mayoría de los sucesos pertenecen a los meses de junio y julio. El valor designado anual de la región de Humacao fue de $5.04 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

La estación 22 está ubicada en la Reserva Natural Las Cabezas de San Juan en la carretera 987, que va del pueblo de Fajardo hacia Las Croabas y el muestreo es diario. Esta estación está clasificada como de referencia ya que está rodeada de ecosistemas marinos y costeros, la playa, el bosque seco, los mangles, la laguna biolumincente y el Faro de Fajardo. Allí se encuentran gran variedad de árboles y plantas, y especies de fauna como el pelícano pardo y la tortuga marina.

El Mapa 4.12 muestra la localización de la estación 22 y el equipo que muestrea. En el 2003 la estación registró un promedio aritmético anual de $4.93 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ con una concentración máxima de $19.4 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ para un total de 275 datos analizados. En comparación al 2004 que registró un promedio anual de $4.35 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ y una máxima de $16.2 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ logrando una disminución de $0.58 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ donde se observaron 282 datos.

Mapa 4.12: Estaciones de Muestreo $PM_{2.5}$ – Región de Humacao



Para el 2005, el promedio anual fue de $4.63 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ obteniendo una concentración máxima de $22.3 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ y 315 datos observados. Esta concentración máxima ocurrió en el mes de septiembre en donde se reportó un evento de bruma en la isla. Comparado al 2004, la estación aumentó en un $0.28 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

Existen varios factores para que la concentración aumente aunque está por debajo de los estándares de calidad de aire. La estación está cerca de la costa, el viento sopla y levanta una nube de salitre que puede afectar la estación. Otro factor son las cenizas de La Soufriere que, dependiendo de la dirección y la velocidad del viento pueden llegar a Puerto Rico.

La otra estación que está localizada en la región de Humacao es la 53. Esta se encuentra ubicada en las calles Gladiola y Girasol y monitorea cada tres días (Ver Mapa 4.13). La estación está ubicada en un entorno urbano y residencial, aunque con ligera influencia de las emisiones de tráfico, por lo que el promedio mensual de $\text{PM}_{2.5}$ fluctúa entre $9\text{--}2 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$. El desarrollo de carreteras y urbanizaciones, el polvo fugitivo y otros contaminantes pueden combinarse y reflejar valores altos aunque está por debajo de las normas de calidad de aire.

Mapa 4.13: Estaciones de Muestreo $\text{PM}_{2.5}$ - Humacao

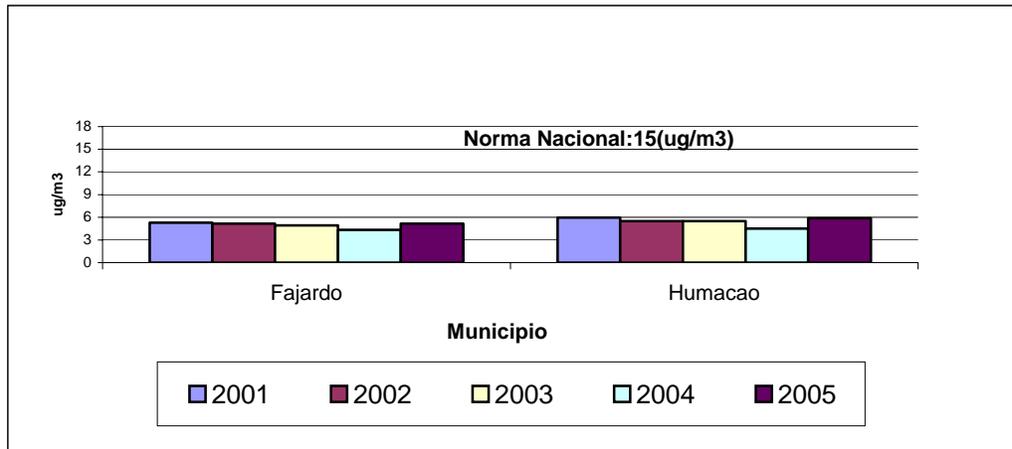


El 2003 registró un promedio anual de $5.47 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ y la concentración máxima fue de $23.9 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ de un total de 104 datos observados. Si comparamos con el 2004 que registró un promedio anual de $4.52 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ y su concentración máxima fue de $15.3 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ para un total de 104 datos observados, la estación disminuyó en $0.95 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ comparado con el 2003. El promedio anual del 2005 fue de $5.06 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ con una concentración máxima de $20.8 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ para un total de 113 datos observados. En el 2005 el promedio anual aumentó en $0.54 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ en comparación al 2004.

En el municipio de Humacao se encuentra la compañía Bristol que reportó 0.45 (ton./año) de contaminantes de PM_{2.5}. En la región existen varios proyectos turísticos propuestos, evidencia del potencial de desarrollo de esta zona que puede afectar la calidad de aire de la misma.

En la Gráfica 4.10 se representan las estaciones de PM_{2.5} durante los años 2001 al 2005 de la región de Humacao. Las estaciones que están ubicadas en los municipios que componen la red de muestreo de dicha región cumplen con las normas establecidas.

Gráfica 4.10: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} – Región de Humacao



c. Región de Mayagüez:

En la parte oeste de Puerto Rico se encuentra ubicada la estación 58 en la Escuela Dr. Pedro Perea en el municipio de Mayagüez. Esta estación toma muestras cada tres días. La ubicación de la estación se muestra en el Mapa 4.14 localización de las estaciones de control de calidad de aire para PM_{2.5} en Mayagüez.

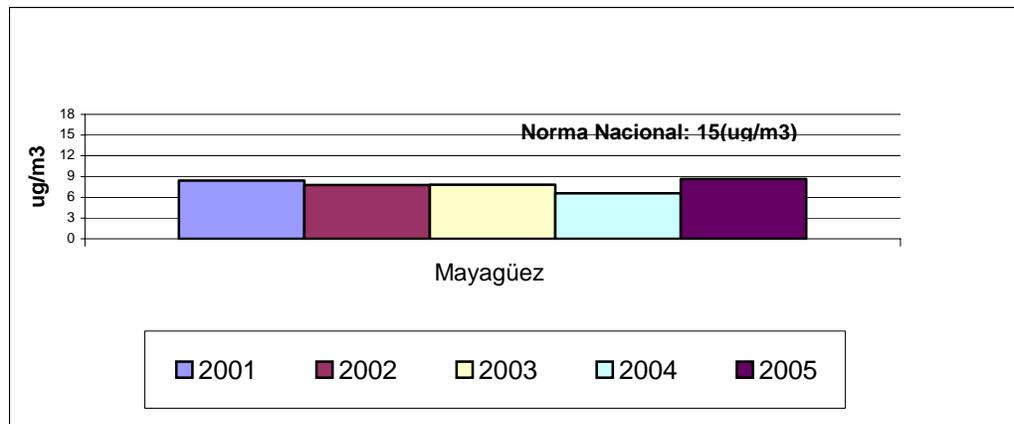
Mapa 4.14: Estaciones de Muestreo PM_{2.5} – Región de Mayagüez



La estación 58 está ubicada en una zona comercial con el propósito de proteger la ciudadanía. Está influenciada por las emisiones del tráfico vehicular lento, por lo que el promedio mensual de $PM_{2.5}$ fluctúa entre 10-4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). (Ver Mapa 4.14) En Mayagüez se encuentran varias industrias, desarrollos de vivienda, carreteras y una concentración de tráfico vehicular en diferentes horas. El mapa de ubicación de la estación muestra las industrias y carreteras localizadas en el municipio. Estas industrias emiten toneladas de contaminante de $PM_{2.5}$. Las industrias que emitieron más toneladas de contaminante $PM_{2.5}$ fueron Cervecería India (4.36 ton./año), B.B. Acquisition (0.83 ton./año) y PREPA Mayagüez (0.23 ton./año).

En el 2003 el promedio anual de la estación 58 fue de 7.84 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Se obtuvo una máxima concentración de 22.1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para un total de 99 datos observados. En comparación al 2004 donde el promedio anual fue de 6.59 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y se registró una concentración máxima de 16.7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con 100 datos observados. Al 2004 la estación disminuyó el promedio anual en un 12.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el 2005 fue de 7.80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y una concentración máxima de 27.4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de 106 observaciones. El 2005 aumentó en un 1.21 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en comparación al 2004. Aún con el aumento, la estación cumple con las normas de calidad de aire. Esta estación recolecta materia particulada 2.5 en toda la Región de Mayagüez.

Gráfica 4.11: Promedio Aritmético Anual $PM_{2.5}$ – Región de Mayagüez

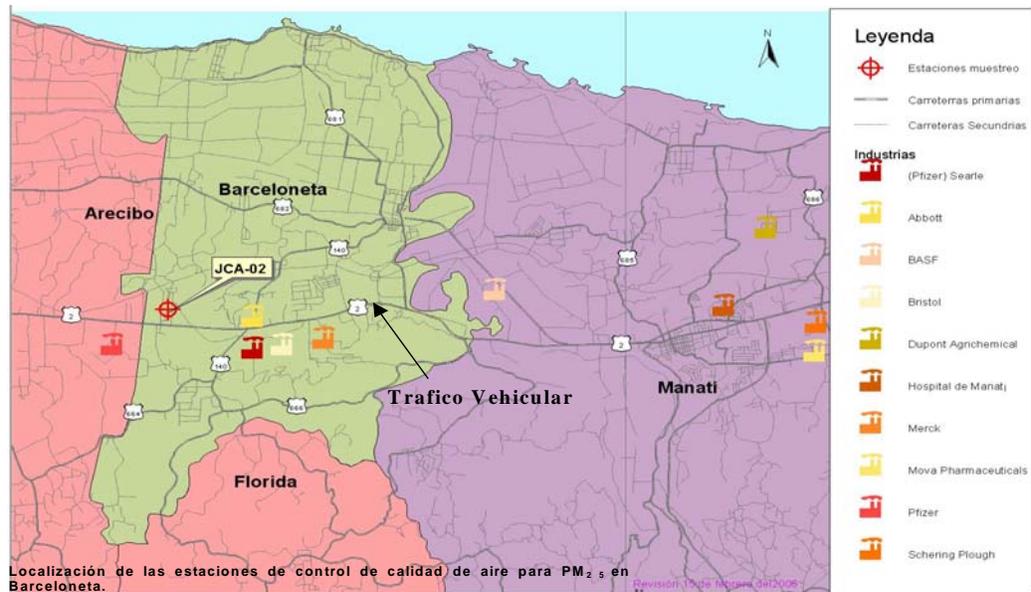


En la gráfica se representan los promedios anuales de la estación de los años 2001 y 2005 de la Región Mayagüez. Esta cumple con las normas establecidas en relación con las partículas $PM_{2.5}$.

Se recomienda que se evalúen otros municipios dentro de la región de Mayagüez para tener una mayor representación de la calidad del aire y comparar las estaciones. Éstos tienen propuestos el desarrollo de nuevas viviendas y carreteras.

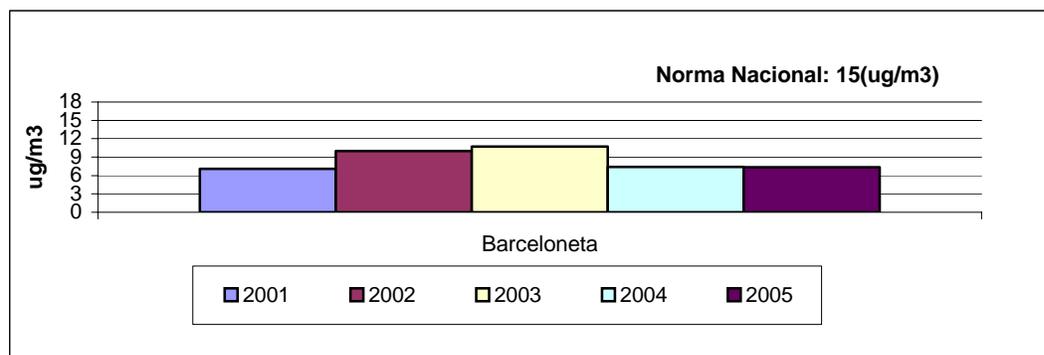
d. Región de Arecibo:

Mapa 4.15: Estaciones de Muestreo PM_{2.5} – Región de Arecibo



En la Región de Arecibo existe una actividad industrial intensa que puede impactar al ambiente especialmente la calidad del aire. Dada la localización de las estaciones, próxima a varios polígonos industriales situados en la ciudad, se puede esperar que la calidad del aire esté condicionada por las emisiones de una gran variedad de procesos industriales y por el tráfico vehicular, y que, por consiguiente, haya un impacto negativo en la calidad de vida.

Gráfica 4.12: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} – Región de Arecibo



Por ello, dentro de la red de muestreo de la Junta de Calidad Ambiental se realiza un muestreo centrado en el impacto de la calidad del aire en la región de Arecibo con especial interés en el estudio del material particulado PM_{2.5}.

Como otros municipios de Puerto Rico, desde los años 60 esta zona ha sufrido un intenso desarrollo industrial. Este desarrollo ha dado lugar a un importante sector industrial, químico y farmacéutico. Este último alcanzó un gran desarrollo

económico en la zona. Actualmente las actividades industriales se encuentran entre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos. La estación 39 está ubicada en el centro comunal del barrio Tiburones del municipio de Barceloneta. (Ver Mapa 4.15.)

La estación ubica en una zona residencial con el propósito de proteger la ciudadanía, y determinar la influencia de emisiones industriales en el área. El promedio mensual de $PM_{2.5}$ fluctúa alrededor de $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La parte norte de Puerto Rico es donde existe mayor cantidad de industrias. Las industrias son fuentes estacionarias que emiten diferentes contaminantes al aire. En el municipio de Barceloneta está ubicada una gran cantidad de industrias que reportan toneladas de contaminantes emitidas por sus equipos de combustión. Según el reporte de la Regla 410, las industrias que emitieron más toneladas de contaminantes $PM_{2.5}$ fueron Abbott (58.82 ton./año) y Bristol (3.91 ton./año). Estas industrias están ubicadas en el municipio de Barceloneta como ilustra el mapa. Otro de los factores que puede afectar la calidad del aire en la región de Arecibo es la carretera PR-22 por la congestión del tráfico vehicular.

En el 2003 la estación registró un promedio anual de $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una máxima concentración de $43.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En comparación al 2004 que registró promedio anual de $7.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración máxima de $32.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ disminuyendo el promedio aritmético anual en $3.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el 2005, el promedio anual fue de $7.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración máxima de $29.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La disminución en 2005 fue de $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación al 2005.

En la Gráfica 4.12 se representan los promedios anuales por año de los años 2001 al 2005. En la región de Arecibo se cumple con las normas establecidas en relación con las partículas $PM_{2.5}$.

e. Región de Ponce:

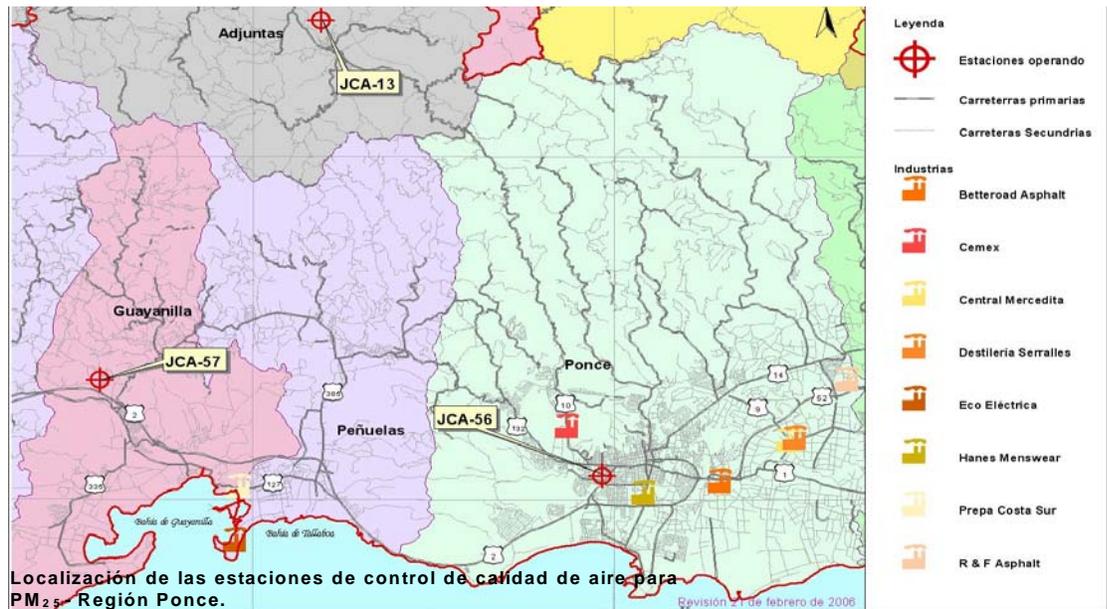
En la parte sur de Puerto Rico están ubicadas tres estaciones de $PM_{2.5}$. Estas estaciones de materia particulada son la 56 en el municipio de Ponce, la 54 en el municipio de Guayanilla y la 13 en el municipio de Adjuntas. (Ver Mapa 4.15.) Estos municipios se encuentran en proceso de desarrollo de vivienda, carreteras y otros proyectos de construcción. La región de Ponce posee un alto potencial de recursos escénicos, playas, bellezas naturales y múltiples instalaciones de recreación (parques pasivos) y deportivas que pueden verse afectadas por contaminación atmosférica.

Como parte del análisis de las estaciones de $PM_{2.5}$ se está corroborando el cumplimiento de las normas de calidad de aire en los municipios que comprende la región de Ponce. Los resultados de estas estaciones apuntan a que el material particulado 2.5 cumple con las normas establecidas por la Junta de Calidad Ambiental.

La estación 56 está ubicada en la Urb. San Antonio en la Defensa Civil de Ponce. Esta estación se instaló con el propósito de proteger la ciudadanía y

toma muestras cada tres días. En el 2003 la estación reflejó un promedio anual de $7.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una concentración máxima de $26.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de un total de 104 datos observados. En comparación al 2004, la estación registró un promedio anual de $6.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y obtuvo una máxima de $16.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 103 datos observados y una disminución en el promedio aritmético anual de $0.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si comparamos el promedio anual del 2004 con el 2005, éste aumentó en $0.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ya que fue de $7.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la máxima de $19.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un total de 66 datos observados. La estación durante estos tres años cumple con las normas establecidas de calidad de aire.

Mapa 4.16: Estaciones de Muestreo $\text{PM}_{2.5}$ – Región de Ponce



Existen varios factores para que la estación refleje valores altos pero dentro de las normas de calidad de aire. Estos pueden ser el desarrollo de varios proyectos de construcción, tales como el elevado de la UPR, la remodelación de la Avenida las Américas, el proyecto de construcción de 59 viviendas en El Bosque Señorial, el cruce de la Ave. Las Américas con la Carr. PR-500 y varias industrias que emiten toneladas de contaminantes $\text{PM}_{2.5}$. Según la Regla 410, las industrias que emitieron más toneladas de contaminante $\text{PM}_{2.5}$ en el 2005 fueron Ponce Cemex (12.84 ton./año) y Destilería Serrallés (7.43 ton./año). El tráfico vehicular en las principales avenidas del municipio (Ave. Las Américas, Casco Urbano, PR-14 y PR-2) es otra fuente de contaminantes al igual que los eventos de bruma y ceniza cuando pasan por la costa del sur.

Para lograr que la calidad del aire en el municipio de Ponce disminuya se debe fomentar la transportación colectiva, la reforestación, repavimentación y el mantenimiento de las carreteras, mayor fiscalización a las industrias para que inviertan en nueva tecnología y evitar que emitan más toneladas de contaminantes y fomentar el utilizar menos energía eléctrica en el sector privado y público. Además, de mayor vigilancia y prevención en los permisos de construcción que envuelven remoción de tierra o corteza terrestre.

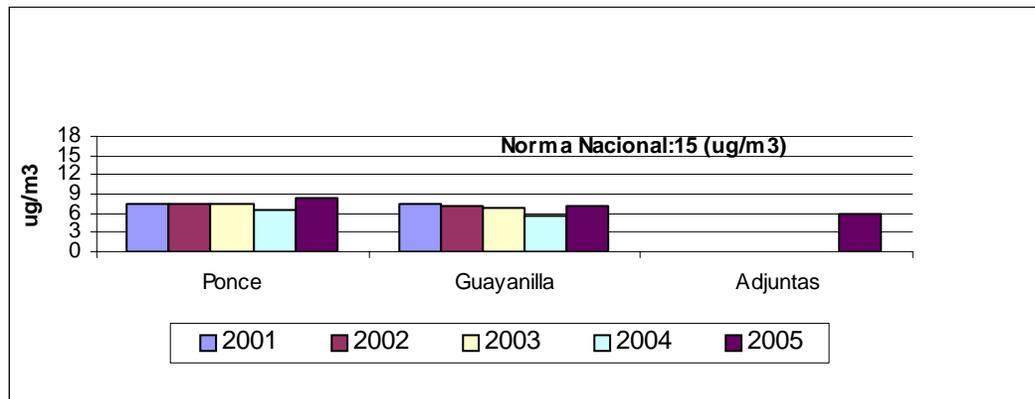
En el municipio de Guayanilla está localizada la estación 57 en la carretera 377 del Barrio Quebrada. Esta estación representa a una comunidad rural y monitorea cada tres días (Ver Mapa 4.16). El viento es un factor determinante al momento de analizar el contaminante sobre la estación, debido a que la frecuencia de las condiciones atmosféricas determina el transporte del mismo. De acuerdo a la información obtenida, las concentraciones de PM_{2.5} son bajas en comparación a las normas nacionales.

En Guayanilla se encuentran dos plantas eléctricas que emiten toneladas de contaminantes. Según los reportes de Regla 410, las industrias que más toneladas de contaminante PM_{2.5} emitieron fueron la central termoeléctrica Costa Sur con 781.77 (ton./año) y Eco Eléctrica (reportó 34.53 ton./año). Otra fuente de contaminante en el municipio de Guayanilla es la PR-2 por el tráfico vehicular durante la mañana del oeste al este y viceversa por la tarde. En el 2003 la estación registró un promedio anual de 6.71 (µg/m³) y la máxima concentración fue de 25.2 (µg/m³) para 110 datos observados. Si se compara con el 2004, la estación 57 registró una disminución en el promedio anual de 1.15 (µg/m³). Ya que el promedio anual fue 5.56 (µg/m³) con una concentración máxima de 15.9 (µg/m³) detectando en agosto y se observaron 96 datos. La estación alcanzó un promedio anual en el 2005 de 6.27 (µg/m³) y una concentración máxima de 20.2 (µg/m³) para 109 datos observados. En el 2005 la estación aumentó en 0.71 (µg/m³) en comparación al 2004. El análisis se realiza con el fin de mostrar el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes analizados en la red frente a las normas vigentes. De otra parte, se indica que la estación cumple con la norma establecida.

En el municipio de Adjuntas está localizada la estación 13. Esta estación se encuentra instalada en la Escuela de la Comunidad Domingo Pietri Ruiz, calle Rodulfo González final y tiene como propósito un trasfondo rural, transporte de particulado y su muestreo es cada tres días. (Ver mapa 17) La estación puede reflejar valores de particulado que proviene de otros lugares porque su territorio es muy montañoso, debido a que Adjuntas se encuentra en la Cordillera Central. Este municipio se desarrolla a través de la agricultura, cultivo de café, cidras, cultivos menores y la ganadería. La ciudadanía y los productos agrícolas pueden verse afectados si las concentraciones exceden las normas establecidas.

La JCA comenzó a recolectar información de material particulado 2.5 (PM_{2.5}) el 1 de enero de 2005. Al finalizar el año, la estación reflejó un promedio anual de 5.86 (µg/m³) y una concentración máxima de 18.6 (µg/m³) en 107 datos observados. La concentración máxima se registró el 27 de julio del 2005 y fue impactada por polvo del Desierto de Sahara. La estación en el 2005 cumplió con las normas establecidas.

Gráfica 4.13: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} – Región de Ponce



En la Gráfica 4.13 se representan los promedios anuales por estación de PM_{2.5} de los años 2001 y 2005. La Región de Ponce cumple con las normas establecidas en relación con las partículas PM_{2.5}.

f. Región de Guayama:

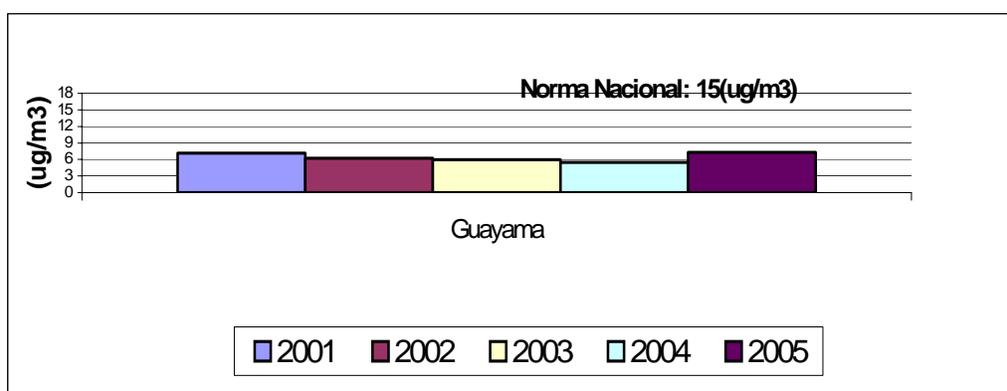
En la Región de Guayama está localizada la estación 15 en el barrio Jobos, intersección PR-3 y PR-707. (Ver Mapa 4.17) Esta estación se instaló con el propósito de proteger la ciudadanía del barrio Jobos y otros sectores aledaños de las fuentes de contaminación que existen en la zona. En el área donde está ubicada la estación se encuentran varias industrias entre las que figuran las de asfalto, plantas generadoras y cogeneradoras de electricidad y farmacéuticas. La mayoría de las industrias están localizadas en la PR-3 km. 142 Bo. Jobos. Estas industrias reportan el consumo de combustible según la Regla 410. Las que más emitieron toneladas contaminantes de PM_{2.5} fueron AES (139.88 ton./año) y PREPA Jobos (.27 ton./año). Las emisiones y otras fuentes de contaminantes atmosféricos pueden afectar la zona agrícola y el acuífero del sur si sobrepasan los estándares de calidad de aire.

Mapa 4.17: Estación de Muestreo PM_{2.5} – Guayama



Durante el 2003 la estación 15 registró un promedio anual de $5.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y alcanzó una concentración máxima de $27.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un total de 107 datos observados. Si comparamos el 2004 que registró un promedio anual de $5.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y su concentración máxima fue de $15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con 98 datos observados. El promedio anual disminuyó en $0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el 2005 el promedio anual fue de $6.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y alcanzó una concentración máxima de $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de 113 observaciones. Esto refleja un aumento en el promedio anual de $0.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación al 2004. Entre los meses de abril y julio la estación registró unos eventos naturales en donde las concentraciones máximas de 24 horas rondan por $14.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gráfica 4.14: Media Anual $\text{PM}_{2.5}$ – Región de Guayama



Los factores que causan que la estación refleje un aumento en el 2005 se debe a los eventos naturales, polvo fugitivo, salitre, emisiones de los vehículos de motor, quema de basura o vegetación y emisiones de las industrias. Todos estos factores incrementan los resultados de las estaciones. Durante los pasados años observados, la estación 15 ha cumplido con las normas establecidas. (Ver Gráfica 4.14.)

3. Bióxido de Azufre (SO_2):

El bióxido de azufre, cuya fórmula química es SO_2 , es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Está presente en la atmósfera naturalmente, ya que se produce en los volcanes y durante la descomposición de materia orgánica. Al igual que con otros tantos compuestos, el hombre ha alterado su ciclo natural al agregar grandes cantidades de SO_2 a la atmósfera en muy poco tiempo. Esto, porque los combustibles fósiles, principalmente el carbón, contienen azufre. Al ser utilizados (quemados) lo liberan a la atmósfera transformado en bióxido de azufre. También proviene de aceite en fuentes estacionarias, fábricas de metales, refinerías, fábricas de papel y cartón e industrias de metales no ferrosos.

El bióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones lo que provoca ataques de tos. Si bien éste se absorbe principalmente por el sistema nasal, la exposición a altas concentraciones por cortos periodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los

conductos bronquiales de las personas, causar daño al follaje de los árboles y a la agricultura. Éste y los óxidos de nitrógeno (NO_x) son los mayores precursores de la lluvia ácida, la cual está asociada con la acidificación de lagos y ríos, acelera la corrosión de los edificios y monumentos y deteriora la visibilidad.

a. Estaciones Continuas de SO_2 :

La Red de Muestreo de SO_2 consiste de 7 monitores continuas para el 2005. Todas se consideraron para este informe por cumplir con el 75% de captura y contar con cinco años de observaciones 2001-2005. Los mismos están localizados en las siguientes áreas:

- Área Metropolitana, cuatro;
- Arecibo una; y
- Guayama dos.

Los resultados de bióxido de azufre son medidos por la JCA por muestreo de forma continua y automatizada desde el 1979. En los métodos continuos las medidas representan las concentraciones de SO_2 en la muestra de aire. Los analizadores utilizados son de la marca *THERMO-ELECTRON - TECO 43 Fluorescent Ultraviolet Light*. Estos son los analizadores de SO_2 más aceptados y su técnica no se basa en consumo de gas.

Fotografía 4.2: Equipo para Muestrear Bióxido de Azufre (SO_2)



**ANALIZADORES
TECO 43C - (SO_2)**



**CALIBRADORES
EQUIPOS DE MUESTREO CONTINUO**

**Tabla 4.4: Normas Nacionales de Calidad de Aire
Bióxido de Azufre (SO_2)**

Contaminante	Tiempo Promediado	Norma Primaria		Norma Secundaria	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
Bióxido de Azufre	Anual	80	0.03		
	24 Hrs.	365	0.14		
	3 Hrs.	---	---	1300	0.50

Mapa 4.18: Estaciones de Muestreo SO₂ – Región de San Juan



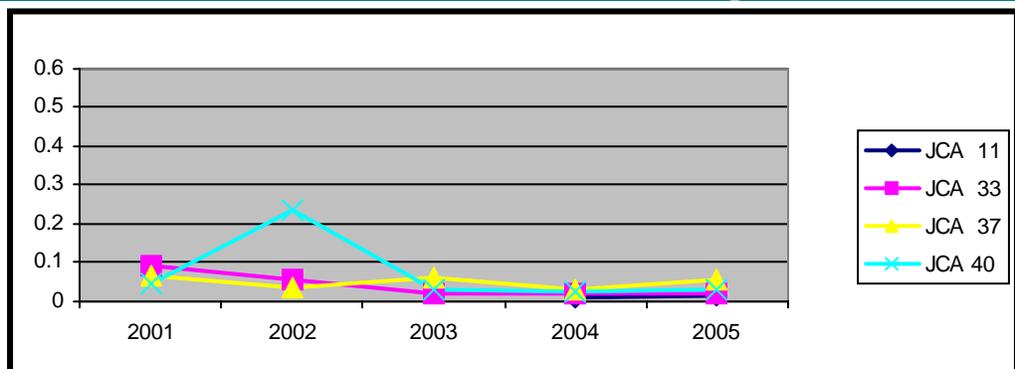
b. Area Metropolitana:

Las normas establecidas según la Ley de Aire Limpio para promedio de 3 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 ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$). La evaluación de los datos obtenidos para los años 2001 a 2005 se realiza a continuación.

Se analizaron en las estaciones: JCA 33 en Buchanan 40,313 datos, JCA 37 en Bayamón 38,214 datos, JCA 40 en Cataño 40,171 datos y JCA 11 en San Juan 11,800 datos.

- El 100% cumple con la norma establecida para 3 horas.
- La concentración máxima se observó en la estación JCA 40 Cataño en el 2002 con 0.234 ppm, lo que representó el 47% de la norma de 3 horas.
- Ninguno de los monitores alcanzó una concentración igual o mayor al 50% con respecto a la norma establecida para 3 horas.

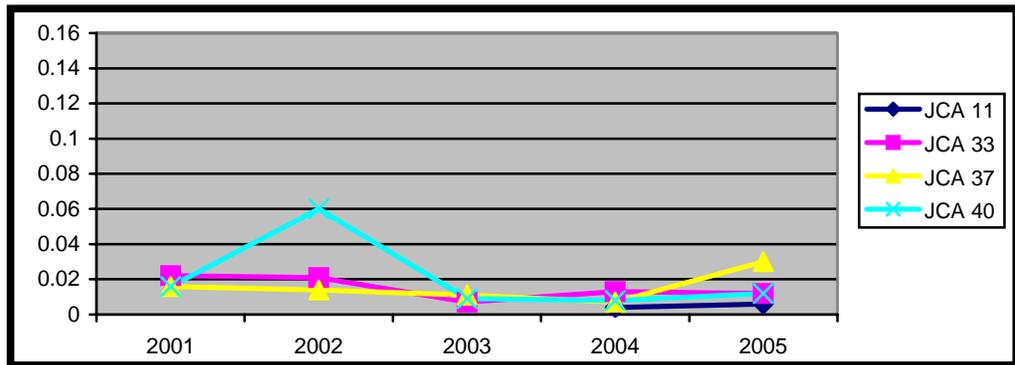
Gráfica 4.15: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 3 Horas (SO₂) - Area Metropolitana



El 100% cumple con la norma establecida para la norma de 24 horas.

- La concentración máxima se observó en la estación JCA 40 Cataño que representa el 43% de la norma de 24 horas. Esta fue para el 2002 con 0.06 ppm.
- Ninguno de los monitores alcanzó una concentración igual o mayor al 50% con respecto a la norma establecida para 24 horas.

Gráfica 4.16: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 24 Horas (SO₂) - Area Metropolitana



c. Area de Arecibo:

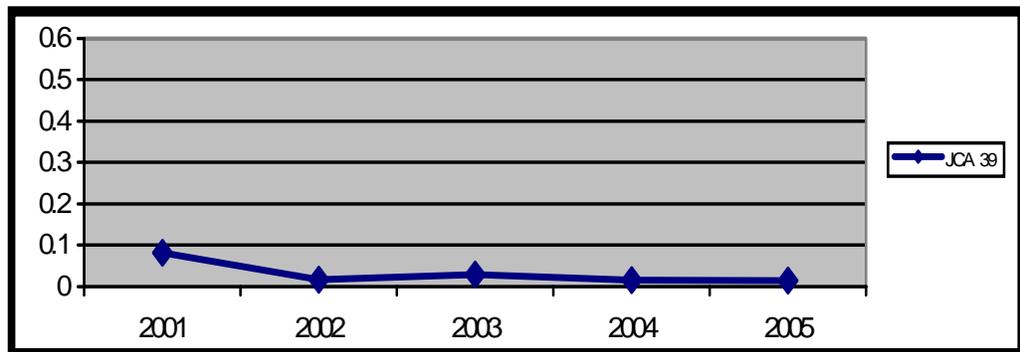
Mapa 4.19: Estaciones de Muestreo SO₂ – Región de Arecibo



El estudio corresponde al monitor ubicado en la carretera PR-1 del Barrio Tiburón en Barceloneta. Este monitor está básicamente por las altas concentraciones, ya que está ubicado en donde predominan las farmacéuticas. La zona es totalmente industrial.

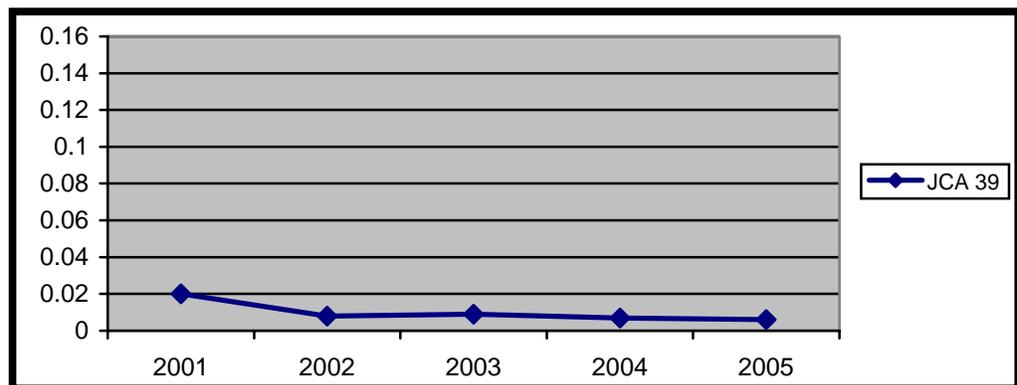
- Se analizaron 40,336 datos para el periodo del estudio.
- El 100% cumple con la norma establecida para 3 horas.
- La concentración máxima se observó en el 2001, lo que representa el 16 % de la norma establecida con 0.082 ppm.
- En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 3 horas.

Gráfica 4.17: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 3 Horas (SO₂) - Región de Arecibo



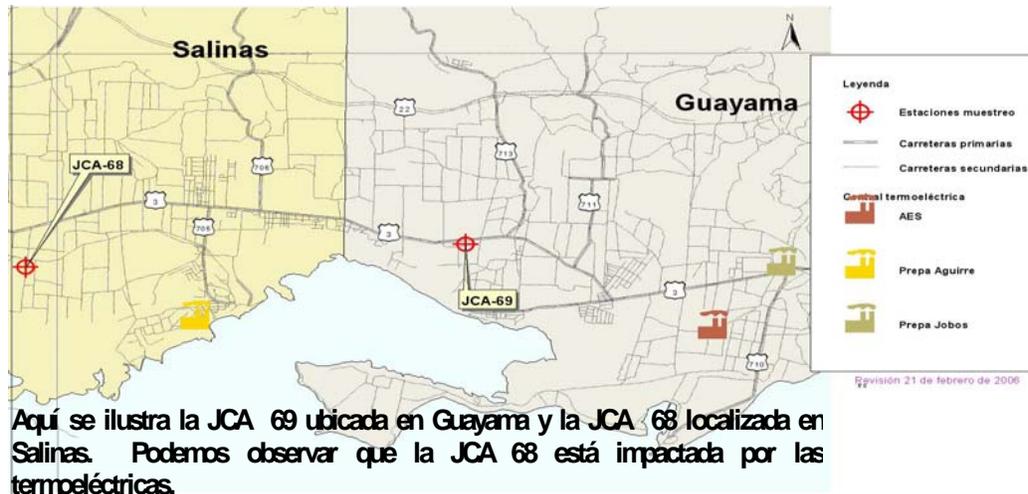
- El 100% cumple con la norma establecida para la norma de 24 horas.
- La concentración máxima se observó en el 2001, lo que representa el 14% de la norma establecida para 24 horas con 0.02 ppm.
- En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 24 horas.

Gráfica 4.18: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 24 Horas (SO₂) - Región de Arecibo



d. Area de Guayama:

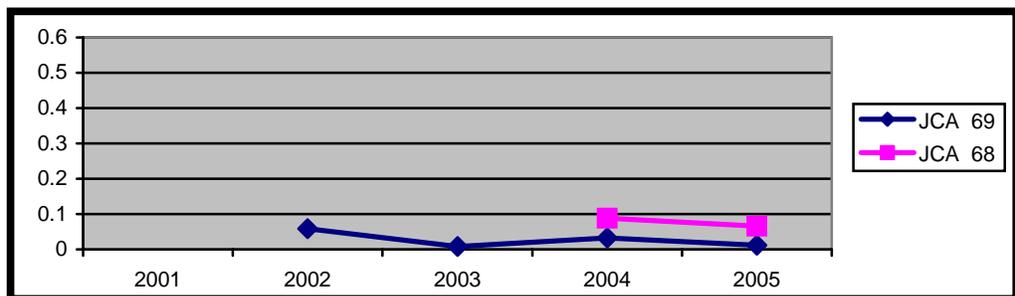
Mapa 4.20: Estaciones de Muestreo SO₂ - Guayama



Se analizaron de la JCA 69 en Guayama 33,793 datos y para la JCA 68 en Salinas 15,758 para el periodo del estudio.

- El 100% cumple con la norma establecida para 3 horas.
- La concentración máxima se observó en la JCA 68 en el 2004, lo que representa un 18% de la norma establecida para 3 horas con 0.088 ppm.
- En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 3 horas.

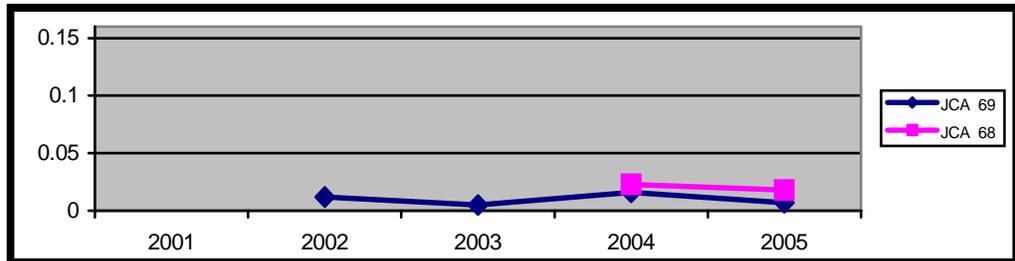
Gráfica 4.19: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 3 Horas (SO₂) - Región de Guayama



- El 100% cumple con la norma establecida para la norma de 24 horas.
- La concentración máxima se observó en la JCA 68 en el 2004 representando un 16% de la norma establecida para 24 horas con 0.023 ppm.

- En ninguno de los años estudiados se observó una concentración igual o mayor del 50% con respecto a la norma de 24 horas.

Gráfica 4.20: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 24 Horas (SO₂) - Región de Guayama



4. Ozono (O₃):

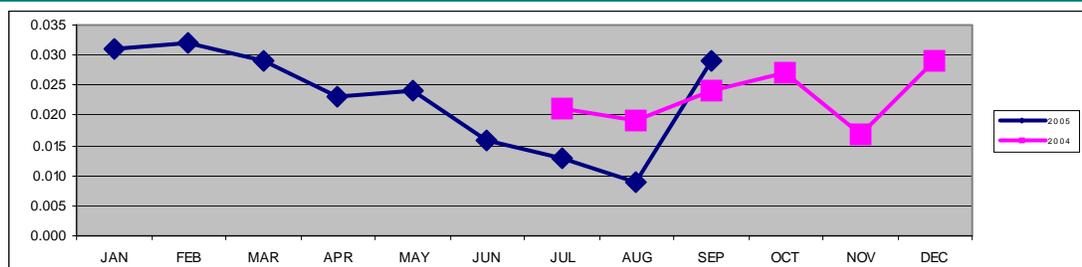
El ozono consiste de tres átomos de oxígeno y se encuentra en la atmósfera y estratosfera como capa protectora contra los rayos ultravioleta. Es un contaminante secundario, ya que se forma a través de una serie de reacciones químicas catalizadas por la radiación solar. Los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos como hidrocarburos e hidrocarburos oxigenados contribuyen a la formación de ozono.

El ozono es un gas irritante de las vías respiratorias y de las mucosas, ya que puede producir sensación de falta de aire y afecta más a personas con problemas cardiovasculares que a quienes sufren de problemas respiratorios. Según la concentración y la duración del episodio, el ozono puede causar efectos como tos, irritaciones en la faringe, cuello, ojos, garganta seca, disminución de rendimiento, empeoramiento de la función pulmonar, dolor de cabeza y cansancio.

La Junta de Calidad Ambiental mantiene una estación de muestreo continuo para ozono ubicado en la carretera 165 en Cataño. El método de colección es mediante un analizador fotométrico que determina la concentración midiendo la atenuación de luz debido al ozono en la célula de absorción a cierto largo de onda.

La norma establecida según la Ley de Aire Limpio para el promedio de 8 horas para ozono es de 0.08 ppm. Los datos obtenidos de esta estación quedan representados en la siguiente gráfica.

Gráfica 4.21: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 8 Horas - Ozono (O₃)



- Su muestreo comenzó en julio de 2004.
- Se analizaron 10,413 datos de concentraciones de una hora.
- La máxima observada durante este periodo es de 0.032 ppm correspondiente a febrero de 2005. La misma representa un 40% bajo la norma establecida.
- La mínima observada es de 0.009 ppm correspondiente a agosto de 2005.
- El 100% de los datos analizados cumple con la norma establecida.

5. **Bióxido de Nitrógeno (NO₂):**

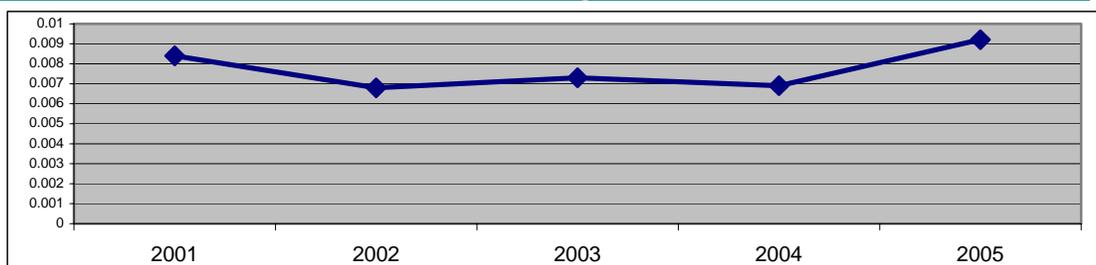
El contaminante bióxido de nitrógeno proviene de la quema de combustible a temperaturas extremadamente altas por industrias o termoeléctricas. Por otro lado, las fuentes móviles contribuyen a estas concentraciones.

Este contaminante es un gas de color rojo que puede irritar los pulmones, lo que trae como consecuencia diferentes infecciones respiratorias como la gripe o influenza. Los óxidos de nitrógenos son los responsables de la lluvia ácida y el incremento de nutrientes. Esto reduce la cantidad de oxígeno en los cuerpos de agua y transforma el ambiente en uno no viable para seres vivos.

La JCA cuenta con dos estaciones para el muestreo de este contaminante: una ubicada en Puerto Nuevo y la otra en Cataño. La norma establecida para este contaminante es de 0.053 ppm.

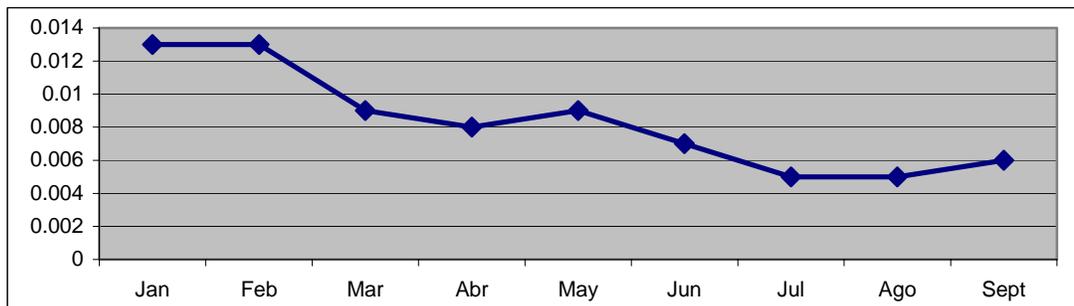
- Se analizaron 13,835 datos en la estación de Puerto Nuevo.
- El promedio máximo registrado corresponde al 2005 con 0.0092 ppm y representa un 17% de la norma.
- El promedio mínimo observado es de 0.0069 ppm que corresponde al 2004.
- El muestreo en Cataño comenzó en enero de 2005.

Gráfica 4.22: Comportamiento de Concentraciones Promedio Aritmético Anual 2001 - 2004 Bióxido de Nitrógeno (NO₂)



- Se analizaron 5,517 datos en esta estación.
- El promedio máximo es 0.013 ppm que representa un 25% bajo la norma.
- El promedio mínimo es de 0.005 ppm.
- El 100% de los datos en ambas estaciones cumplen con la norma establecida para NO₂.

**Gráfica 4.23: Comportamiento de Concentraciones
Promedio Aritmético Anual 2001 – 2004
Bióxido de Nitrógeno (NO₂)**



6. **Monóxido de Carbono (CO):**

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro y no se puede oler. En grandes niveles es un gas venenoso, el cual se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles.

En las ciudades el 85 al 95 por ciento de las emisiones de CO proviene de los vehículos de motor y éstos constituyen el 56% de las emisiones de CO. Otros medios de transporte y/o equipos motorizados, como equipos de construcción y botes, contribuyen el 22% de las emisiones.

Los mayores niveles de CO generalmente ocurren en áreas con gran congestión vehicular. Altos niveles de CO en el aire también ocurren típicamente durante los meses más fríos del año.

El CO se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, carbón, petróleo, kerosene o madera. Las calderas, chimeneas, calefacciones, calentadores de agua y aparatos domésticos que queman combustible como las estufas u hornillas de la cocina también pueden producir CO si no funcionan bien. Los carros detenidos con el motor encendido también emiten monóxido de carbono. Otras fuentes que despiden CO son los procesos industriales, quema residencial, humo de cigarrillo y fuentes naturales como los fuegos forestales.

Los efectos de este contaminante son dañinos a la salud, ya que reduce el transporte de oxígeno a los órganos del cuerpo y los tejidos aún a las personas saludables. Si se

respira en niveles elevados, el CO puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos. Cada año, accidentalmente, un gran número de personas pierde la vida debido al envenenamiento con monóxido de carbono. Las mujeres embarazadas y sus bebés, las personas mayores, los niños pequeños y aquellas personas que sufren de anemia, problemas del corazón o respiratorios son mucho más sensibles al CO.

Debido a que muchos de los síntomas del envenenamiento con CO son similares a los de la gripe, envenenamiento con alimentos descompuestos y otras enfermedades, es importante aprender a reconocerlos para tomar medidas inmediatas si estos síntomas se observan. Los síntomas son:

- A bajos niveles el monóxido de carbono puede causar falta de aliento, mareos ligeros y náuseas, y puede afectar la salud después de un tiempo.
- A niveles moderados puede causar confusión mental, mareos, dolores de cabeza, náuseas o desmayos.
- Aunque sea en niveles moderados, puede causar la muerte si se respira CO durante mucho tiempo.

El CO puede afectar el sistema nervioso central y a las personas con padecimientos cardíacos.

Efectos cardiovasculares – la amenaza a la salud proveniente de bajos niveles de monóxido de carbono es más seria para aquellos que sufren de enfermedades cardíacas como arterias tapadas, angina o fallas cardíacas. La exposición de estas personas a bajos niveles de CO puede causar dolores de pecho y reducir la capacidad de las personas para ejercitarse.

Efectos al sistema nervioso central – personas que respiren altos niveles de CO pueden desarrollar problemas de visión, reducir las destrezas manuales, reducir su habilidad para trabajar o aprender y dificultar la realización de tareas complejas.

La EPA y la JCA continúan con sus esfuerzos para reducir las emisiones de CO. Es por eso, que se establecieron estándares que requieren controles en las emisiones de los vehículos de motor y reducciones en las industrias. Gracias a esto, las emisiones de CO se han reducido.

Los estándares establecidos para CO son:

Tabla 4.5: Norma Nacional para Monóxido de Carbono (CO)	
Tiempo	Partes por millón
1 hora	35 ppm (40 mg/m ³)
8 horas	9 ppm (10 mg/m ³)

Tabla 4:6: Nivel de Exposición en PPM (partículas o partes por millón) a Monóxido de Carbono	
Nivel de Exposición	Efecto Físico
200 ppm durante 3 horas o 400 ppm durante 1 hora	Incomodidad y dolor de cabeza
500 ppm durante 1 hora o 1000 ppm durante 30 minutos	Náuseas, zumbido en los oídos, punzadas en el corazón, flashes en los ojos, migraña
1500 ppm durante 1 hora	Peligroso para la vida
4000 ppm	Colapso rápido, inconciencia y muerte en pocos minutos

Para medir concentraciones continuas de CO se utiliza un equipo especializado, un analizador llamado *Termo-Electrón (Teco 48) Non Dispersive Infrared*. Éste utiliza la técnica de *Gas Filter Correlation Spectroscopy (GFC)*. Ésta compara el espectro de absorción infrarroja del gas, el cual se mide con otros gases presentes en la muestra. Se filtra la radiación infrarroja transmitida por el analizador mediante una muestra con una alta concentración del gas a medir.

Fotografía 4.3: Equipo para Medir Concentraciones Continuas de CO



Teco 48C – Analizador



Teco 146C - Calibrador

a. Estaciones de Muestreo de CO:

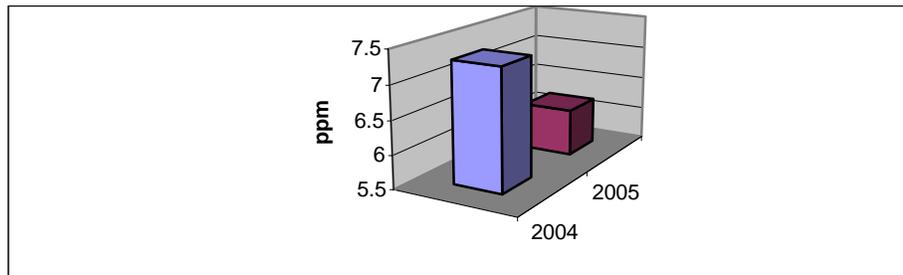
La JCA cuenta con dos estaciones de muestreo atmosférico continuo mediante estaciones fijas de CO: una en la Avenida Fernández Juncos en Santurce (JCA 10), y la otra en el Expreso Baldorioty de Castro en San Juan (JCA 30).

1) Estación JCA 10:

Esta estación contó con 9,967 datos. La misma comenzó en julio del 2004, por lo tanto los datos comparados son desde entonces.

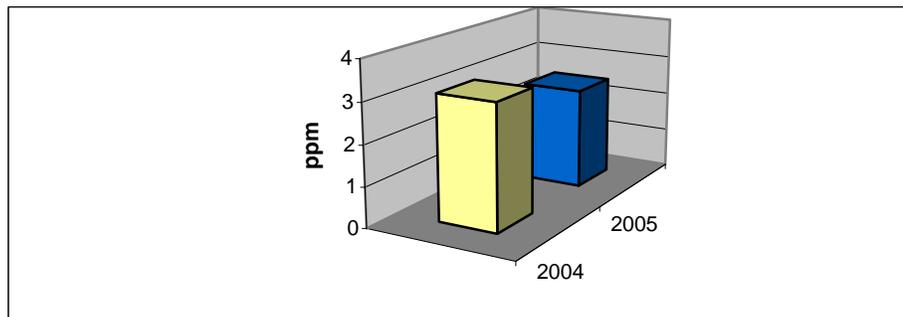
- La concentración máxima de una hora fue 7.3 ppm (2004) y la mínima fue 1.8 ppm (2005). El 100% de los datos observados cumple con la norma establecida para una hora.

Gráfica 4.24: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 1 Hora (CO) – Estación JCA 10



- La concentración máxima de ocho horas fue 3.1 ppm (2004) y la mínima 1.3 ppm (2005). El 100% de los datos observados cumple con la norma establecida para las ocho horas.

Gráfica 4.25: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 8 Horas (CO) - Estación JCA 10



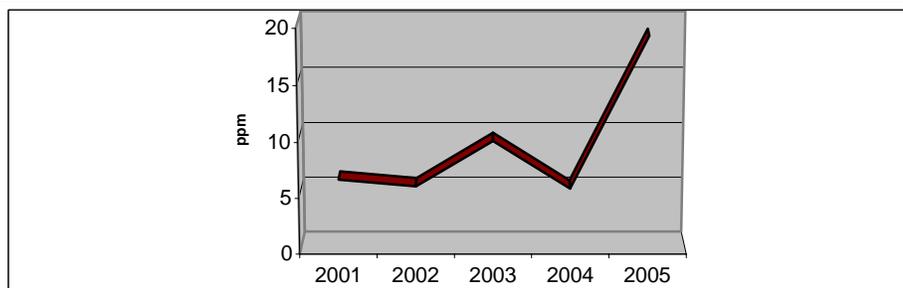
2) Estación JCA 30:

Los datos presentados a continuación comprenden los últimos cinco años.

En esta estación se observaron 40,141 datos.

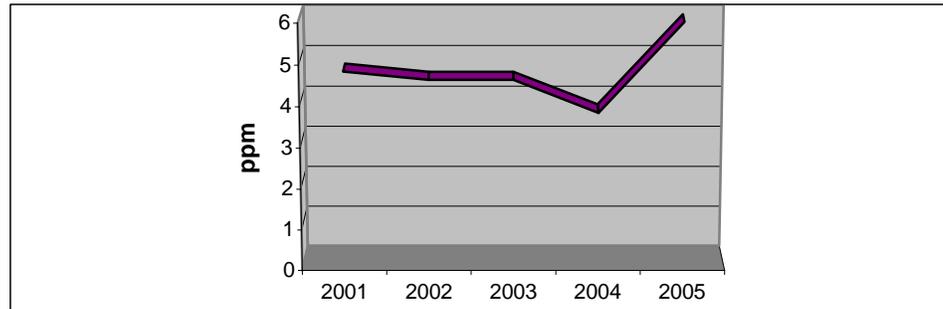
- La concentración máxima de una hora fue de 18.9 ppm (2005) y la mínima de 3.1 ppm (2004). El 100% de los datos observados cumple con la norma establecida para una hora.

Gráfica 4.26: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 1 Hora (CO) - Estación JCA 30



- La concentración máxima de ocho horas fue 5.9 ppm (se observó en el 2005) y la mínima 1.6 (2003). El 100% de los datos observados cumple con la norma establecida para las ocho horas.

Gráfica 2.27: Comportamiento de Concentraciones Máxima de 8 Horas (CO) - Estación JCA 30



De acuerdo a los datos obtenidos, se observa una reducción de CO en la estación JCA 10 durante este año; mientras que en la estación JCA 30 hubo un aumento en las concentraciones, el cual se ve marcado en comparación con el 2004 cuando hubo una reducción sustancial con respecto a otros años. Para el próximo año se espera que no haya una diferencia significativa y se espera establecer otras dos estaciones de muestreo para este contaminante en diferentes partes de la isla.

7. **Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410:**

Actualmente hay 126 industrias que están reguladas bajo la Regla 410 las cuales someten reporte de quema de combustible mensualmente. La R-410 establece que toda industria que tenga un equipo con capacidad igual o mayor de 8 MM, deberá requerir una asignación de por ciento de azufre de la JCA. Este informe se deberá entregar en o antes de los 15 días del mes siguiente para el cual el informe es representativo. Deberá incluir la siguiente información: tipo de combustible, % de azufre, cantidad de galones quemados y mediante éste se estiman las emisiones en toneladas por contaminantes criterios.

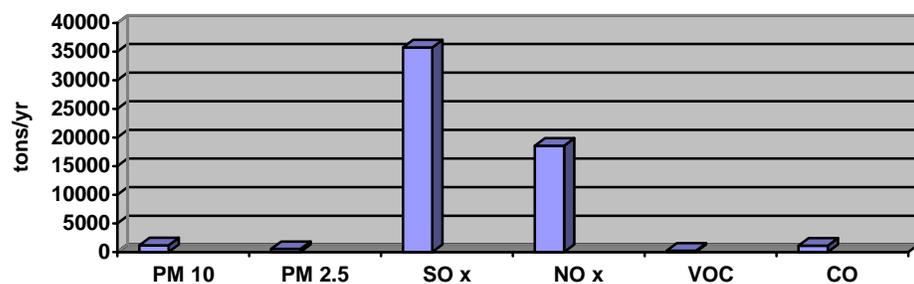
Entre las industrias reguladas hay farmacéuticas, asfalteras, hospitales e industrias de alimentos entre otras. Éstas queman combustible como parte de sus procesos de producción de energía en calderas, cogeneración, calentadores, etc.

A continuación se detalla el total de emisiones estimadas que generan éstas. Para contabilizar las emisiones se utilizó el AP-42 que es un estimado por factores de emisión para cada uno de los contaminantes criterios. Además, el informe desglosa las industrias por regiones como: Región Central, Región Humacao, Región Arecibo, Región Guayama, Región Ponce y Región Mayagüez.

a. Región Central:

En la Región Central hay 38 industrias reguladas bajo R-410. Las emisiones para los diferentes contaminantes fueron los siguientes: 1,182.43 toneladas de PM₁₀; 532.09 toneladas de PM_{2.5}; 35,714 toneladas de SO_x (bióxido de azufre); 18,551 toneladas de NO_x (bióxido de nitrógeno); 238 toneladas de VOC (compuestos orgánicos volátiles); 1,120 toneladas de CO (monóxido de carbono). El contaminante que más se emitió fue SO_x, seguido por NO_x. Se quemaron un total de 436,536,901 galones y el total de emisiones fue 57,337.52 toneladas.

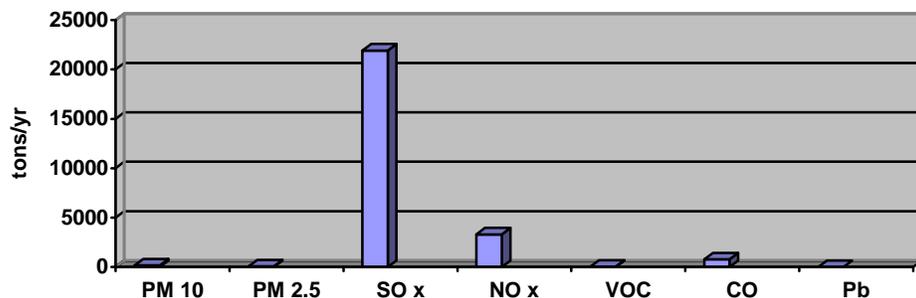
Gráfica 4.28: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región Central 2005



b. Región de Humacao:

En esta región actualmente hay 18 industrias las cuales emitieron los siguientes contaminantes: 168.03 toneladas de PM₁₀, 75.62 toneladas de PM_{2.5}, 21,920.31 toneladas de SO_x, 3,301.03 toneladas de NO_x, 46.08 toneladas de VOC, 780.69 toneladas de CO y 0.21 toneladas de Pb. El total de galones quemados fue de 310,684,300. El contaminante que más se emitió fue SO_x, seguido por NO_x. Hubo un total de 26,291.97 toneladas en esta región.

Gráfica 4.29: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región de Humacao 2005

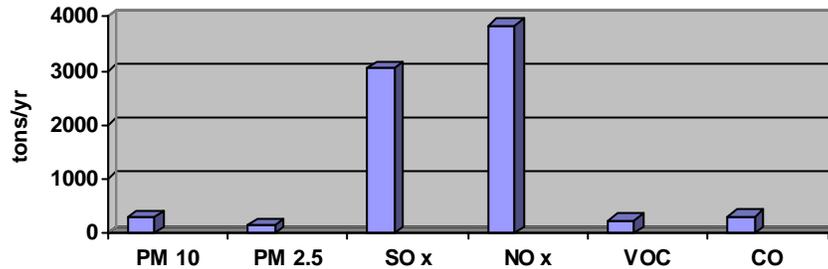


c. Región de Arecibo:

Actualmente contamos con 29 industrias en esta región. La cantidad de toneladas emitidas por contaminantes fue: 287.60 toneladas de PM₁₀, 129.42 toneladas de PM_{2.5}, 3,050 toneladas de SO_x, 3,840 toneladas de NO_x, 224

toneladas de VOC y 307 toneladas de CO. Se quemaron 99,964,127 galones de combustible. Hubo un total de 7,838.02 toneladas en la región.

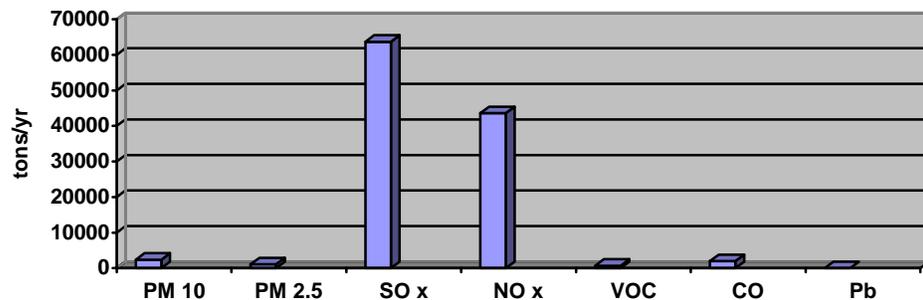
Gráfica 4.30: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región de Arecibo 2005



d. Región de Guayama:

En esta región hay 19 industrias bajo la R-410. Los contaminantes emitidos se desglosan como siguen: 2,391.44 toneladas de PM₁₀, 1,076.15 toneladas de PM_{2.5}, 63,649 toneladas de SO_x, 43,581 toneladas de NO_x, 669 toneladas de VOC y 1,977 toneladas de CO y 1 tonelada de Pb. Hubo un total de 113,344.59 toneladas emitidas. El total de galones quemados fue 720,976,397.

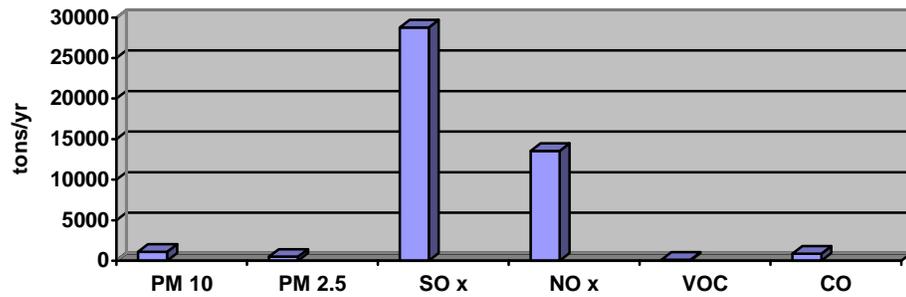
Gráfica 4.31: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región de Guayama 2005



e. Región de Ponce:

En la región de Ponce hay 9 industrias. Las emisiones fueron las siguientes: 1,098.41 toneladas de PM₁₀, 494.28 toneladas de PM_{2.5}, 28,775 toneladas de SO_x, 13,546 toneladas de NO_x, 137 toneladas de VOC y 873 toneladas de CO. El contaminante que más se emitió fue SO_x, seguido por NO_x. El total de galones quemados fue 347,259,403. En la región hubo un total de 44,923.69 toneladas emitidas.

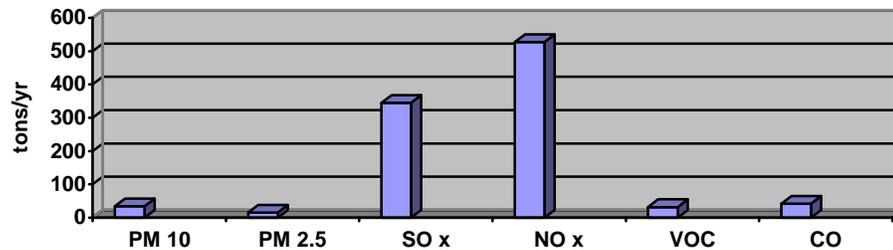
Gráfica 4.32: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región de Ponce 2005



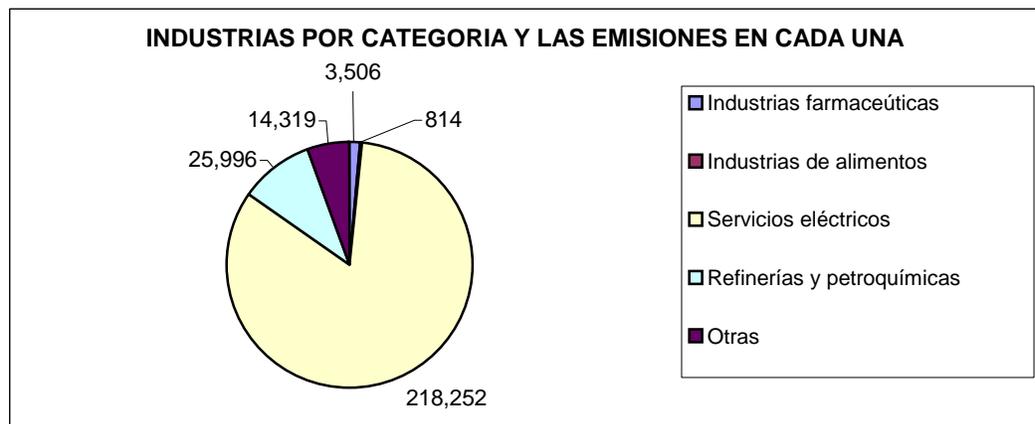
f. Región de Mayagüez:

Actualmente en esta región hay 13 industrias bajo la R-410. Se emitieron los siguientes contaminantes: 34.33 toneladas de PM₁₀, 15.45 toneladas de PM_{2.5}, 345 toneladas de SO_x, 527 toneladas de NO_x, 32 toneladas de VOC y 42 toneladas de CO. Hubo un total de 995.78 toneladas. Se quemaron 13,383,904 galones.

Gráfica 4.33: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Región de Mayagüez 2005



Gráfica 4.34: Emisiones de Equipo de Combustión de Industrias bajo Regla 410 - Por Industrias



8. Caracterización Materia Particulada 2.5:

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más complejos por sus características físico-químicas, por su interacción con otros contaminantes y por sus efectos sobre la salud humana, los ecosistemas y el clima.

Las partículas en suspensión representan uno de los indicadores de contaminación atmosférica que ha sido más claramente relacionado con la salud. En la mayoría de los estudios epidemiológicos, la contaminación por partículas viene indicada por la masa de una fracción determinada de las partículas.

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antropogénico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser primarias, emitidas como tales a la atmósfera, o secundarias, generadas por reacciones químicas. Dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por absorción o coagulación. Como resultado de esta variabilidad de fuentes y transformaciones, los aerosoles atmosféricos son una mezcla compleja de compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica con diferentes distribuciones y composición química, ambas condicionadas por la composición de los gases que los rodean. Se estudian desde dos puntos:

- como uno de los principales factores responsables del posible cambio climático, tanto por sus efectos directos como indirectos, y
- como los principales responsables de la calidad del aire y, por lo tanto, desencadenantes de numerosos efectos relacionados con el medio ambiente y en particular la salud humana.

El sistema respiratorio constituye la principal vía de entrada del material particulado en el organismo. La deposición de las partículas en diferentes partes del cuerpo humano depende del tamaño, forma y densidad de las partículas, así como de la respiración del individuo (nasal u oral).

Los efectos que pueden inducir en el organismo dependen de la granulometría, la morfología y la composición química de las partículas, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada persona. Todas las partículas de diámetro $<10\mu\text{g}$ (PM_{10}), tienen un tamaño suficiente para penetrar en la región traqueo-bronquial, pero sólo aquellas de diámetro $<2.5\mu\text{g}$ ($\text{PM}_{2.5}$), pueden alcanzar la cavidad alveolar y, por tanto, provocar mayores afecciones. Estas últimas, además, presentan en su composición un mayor contenido en sustancias con capacidad tóxica como los sulfatos, nitratos, sílice o metales en transición.

El principal objetivo de esta parte del informe ambiental es evaluar los niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en Puerto Rico. Existe interés por conocer la composición de las partículas en la zona urbana. Por tanto, en el 2002 se estableció en conjunto con la Agencia de Protección Ambiental una estación de *Speciation* $\text{PM}_{2.5}$ en Guaynabo. La misma está en las instalaciones del

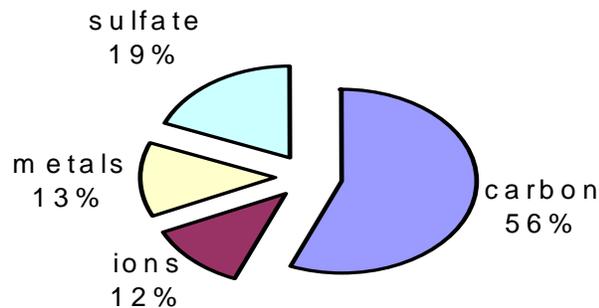
US Geological Service (USGS, en inglés). Su ubicación permite conocer la fuente potencial de emisión de acuerdo con la distribución porcentual de los componentes presentes en el PM_{2.5} registrado por la estación. Más que por su masa, se espera que el número puntual del componente permita conocer su composición y las características que determinarían el impacto en salud de las poblaciones expuestas.

Mapa 4.21: Estación de Muestreo Speciation – Región de San Juan



En el 2005, la composición y origen de las partículas en la zona urbana según los datos recolectados, se reparten en un 56% de partículas carbonosas procedentes, sobre todo, de los motores o combustión; un 13% de metales, que puede desprenderse del pavimento de las vías públicas, debido a la erosión del tráfico, y en menor proporción de la demolición y construcción y de remoción de los suelos. Un 32% de las partículas son de origen secundario tales como sulfato (19%) o iones (12%). Es decir, partículas que se forman a partir de la transformación de contaminantes gaseosos y no de emisiones directas de partículas, y que son generalmente generadas por el tráfico, la industria y otras fuentes urbanas.

Gráfica 4.35: Composición y Origen de las Partículas en la Zona Urbana



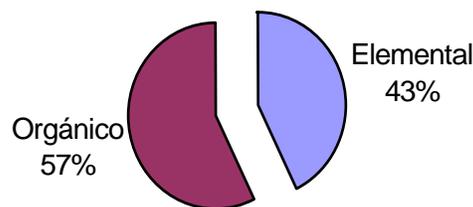
De los elementos presentes en la fracción fina del material particulado, los más peligrosos son los derivados del carbono, conocidos como carbono orgánico, debido a la acción cancerígena de algunos de sus compuestos y a las propiedades tóxicas de otros. El carbono elemental es también relevante ya que es el portador en el que se

adsorben (adhieren) gases como SO_x y NO_x que, junto con la humedad atmosférica, generan la acidez del material particulado.

El otro 50% de la masa total de esta fracción está conformada por los aerosoles secundarios. Estos son compuestos que no se emiten directamente a la atmósfera, sino que se producen fundamentalmente por reacciones químicas de sustancias primarias como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y amoníaco (NH_3). Los efectos asociados al material particulado fino en su mayor parte son atribuidos a los sulfatos y nitratos que se forman a partir del dióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno. Estos últimos en conjunto con los compuestos orgánicos volátiles (COV) contribuyen además, a la formación de *smog*.

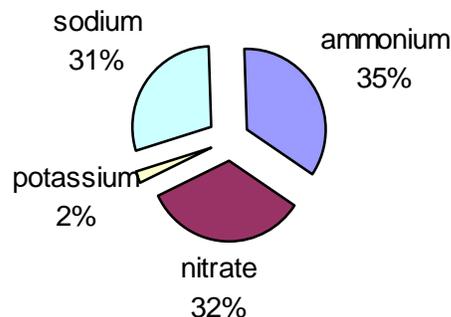
La fracción carbón se compone de carbón elemental conocido como hollín y el carbón orgánico. La composición resultó un 57% orgánico y un 43% de carbón elemental. De acuerdo a análisis químicos el carbón orgánico es emitido por fuentes y puede resultar de la condensación atmosférica de gases orgánicos de baja volatilidad (VOC). 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. Mientras el carbón elemental es emitido directamente a la atmósfera desde procesos de combustión. Por tanto, la partícula de $\text{PM}_{2.5}$ en proporción está siendo impactada por procesos de combustión procedentes de las industrias o por el tráfico vehicular de la zona.

Gráfica 4.36: Distribución Porcentual del Componente Carbón en $\text{PM}_{2.5}$ - 2005



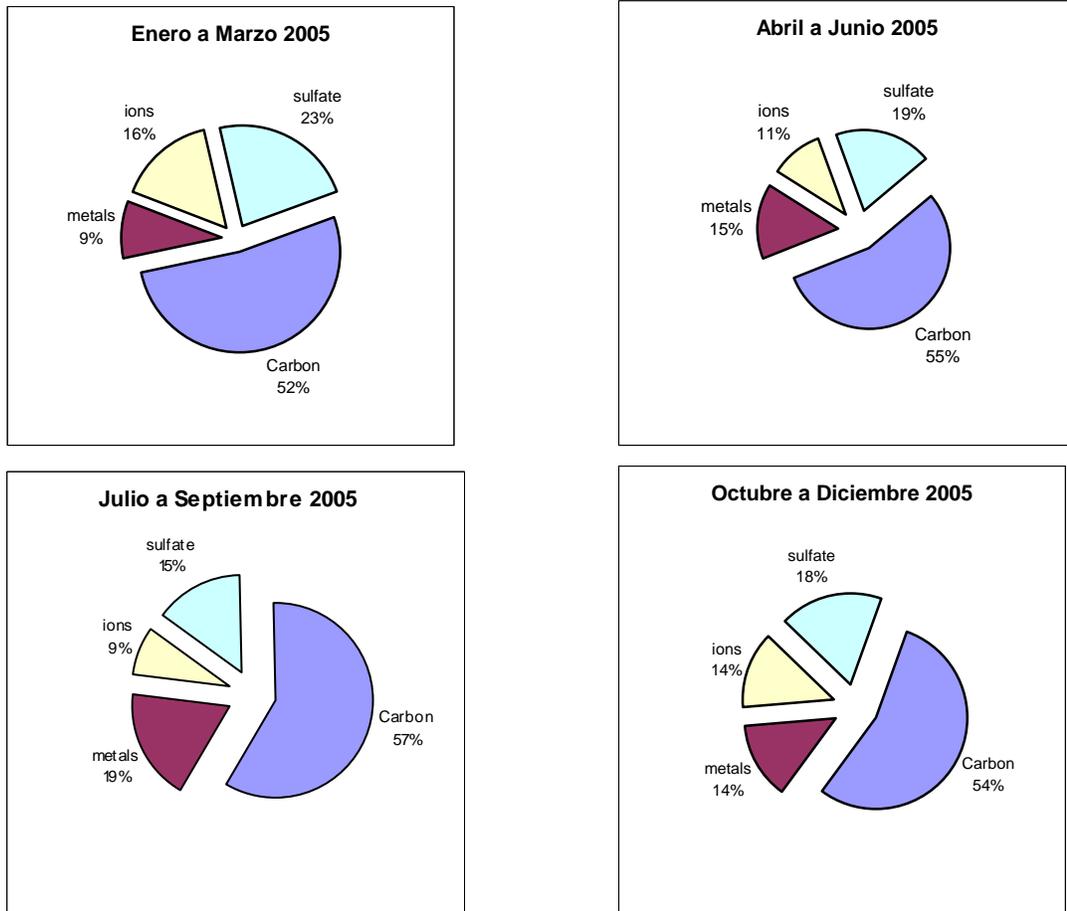
En el caso de distribución porcentual de los iones, un 35% es amonía, un 31% sodio, un 32% nitrato y el restante potasio.

Gráfica 4.37: Distribución Porcentual del Componente Iones en $\text{PM}_{2.5}$ - 2005



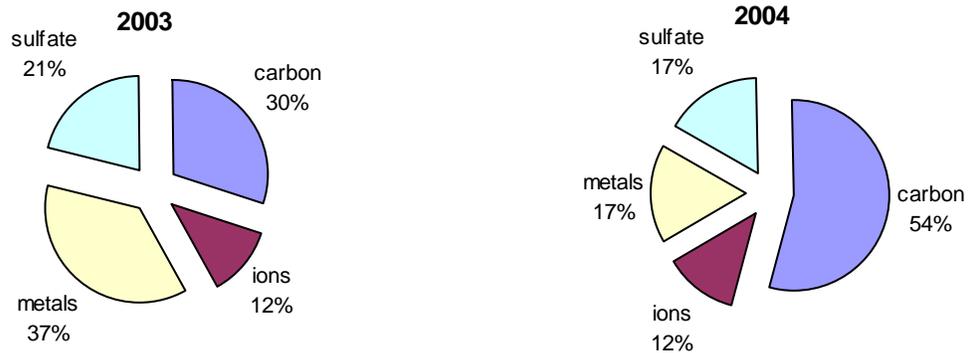
De acuerdo con los por cientos obtenidos, la época del año no impacta significativamente la composición de la partícula, específicamente el carbón, pero los otros componentes sí varían. Los gráficos muestran el cambio durante el año. En los meses de calor en Puerto Rico, abril a septiembre, los iones disminuyen, mientras los sulfatos y metales aumentan.

Gráfica 4.38: Componentes PM_{2.5} – Trimestral 2005



En los últimos dos años, la composición de la partícula 2.5 se ha mantenido similar. Un 56% se atribuye al carbón, un 17 a metales y sulfatos y un 12% a los iones. Mientras del 2003 al 2005, el cambio es significativo pues el carbón constituía el 30% y al 2005 es 56%. La diferencia del cambio fue compensada por los metales, al 2003 era 34% y al 2005 es 17%.

Gráfica 4.39: Componentes PM_{2.5} – 2003 y 2004



En esta parte del reporte se ha mostrado la composición del material particulado 2.5. Se ha visto que el efecto de reducir la congestión y las emisiones de transporte puede producir beneficios a corto plazo. Pero en situación contraria, si las emisiones aumentan, producen un costo social neto. De acuerdo con los resultados y el análisis de los mismos, el área donde ubica la estación es impactada por el tráfico vehicular y por los procesos de combustión cercanas a la misma. Son resultados de la implantación en cambios y patrones de tráfico cercanos a la estación. Por ejemplo, el cambio direccional del pago de peaje en Buchanan realizado en 2003, que representó un aumento de los carros detenidos para realizar el pago. Otro ejemplo, es el aumento del número de vehículos que transitan de acuerdo a datos de la Autoridad de Carreteras, de 874,086 en el 2004 a 904,785 en el 2005.

Aunque, el estudio y análisis se realizan sólo en esta área, que aparenta que el tráfico es responsable aproximadamente del 50% de las concentraciones ambientales del material particulado fino, los resultados pueden servir de referencia a otras áreas de Puerto Rico. Los resultados sugieren que los efectos de la contaminación y la caracterización del particulado deben considerarse en el momento de establecer medidas y reglamentación ambiental.

Gases de Invernadero y Calentamiento Global

Comenzamos un nuevo siglo y el mundo sigue experimentando eventos climáticos que nos preocupan de gran manera. El calentamiento global es un problema que muchos científicos aseveran lo causan las actividades humanas que aumentan los niveles de gases de efecto de invernadero.

Todas las predicciones señaladas en el pasado se observan a medida que el tiempo transcurre. La temperatura ha aumentado 0.6°C durante el pasado siglo y la tendencia es que siga en aumento con una proyección entre 1.4 y 5.8 grados antes del 2100, lo que implicaría inviernos más húmedos, veranos más secos y tormentas más frecuentes.

Durante las últimas décadas nuestro planeta ha sido impactado por la sequía en algunas áreas e inundaciones en otras, mientras que han aumentado las temperaturas oceánicas

que destruyen los corales. También se ha sufrido los efectos de huracanes y ciclones devastadores, el derretimiento de los glaciares y la reducción de nieve en las montañas.

De acuerdo con información meteorológica reportada por las agencias e instituciones que vigilan el clima, se ha observado un cambio significativo en las variables ambientales en el mundo:

- La Organización Mundial de Meteorología revela que la temperatura promedio global del 2005 es la segunda más alta, estimada en 0.48°C sobre el promedio anual de 14°C entre 1961-1990. Los últimos diez años (1996-2005) han sido los más calientes, el 1998 el más, con una temperatura promedio de 0.54°C por encima del promedio de 30 años.
- La Agencia de Protección Ambiental señala que la principal causa para el calentamiento global en Estados Unidos es la generación de energía eléctrica ya que utiliza derivados del petróleo y carbón.
- El Departamento de Defensa de los Estados Unidos investigó en el 2003 las implicaciones del severo cambio climático en los próximos 20 años. El escenario estudiado mostraba que un aumento en las temperaturas tendría como resultado sequías en regiones agrícolas, mientras otros sectores serían extremadamente fríos o calurosos, lo que puede ocasionar disturbios civiles y migraciones ante la falta de seguridad de abastecimiento de agua y alimentos.

Por otro lado, se ha encontrado una relación entre las altas temperaturas y cambios en los sistemas naturales de todo el país. Se perciben inviernos más cálidos, aumento en las lluvias, se adelantan las estaciones como la primavera, lo que provoca que la vegetación florezca con varias semanas de antelación y se afecte el ciclo de polinización y el abasto de alimentos para los insectos. Se ve afectado también el periodo de hibernación y la migración de diferentes especies.

En mayo del 2003 durante las altas temperaturas que establecieron récord, en India murieron 1,600 personas. Para agosto del mismo año murieron 35,000 personas en Europa por una oleada de calor. Estas temperaturas tan altas dañaron los cultivos, que disminuyeron un 13% para ese año.

Durante cuatro años se recopiló información y se realizaron estudios en el Ártico donde queda demostrado que el calentamiento se ha producido a una velocidad dos veces mayor al promedio global. La capa de hielo del mar en verano está entre un 15 a un 20% más pequeña que hace 30 años. Ésta se ha reducido en un 10%.

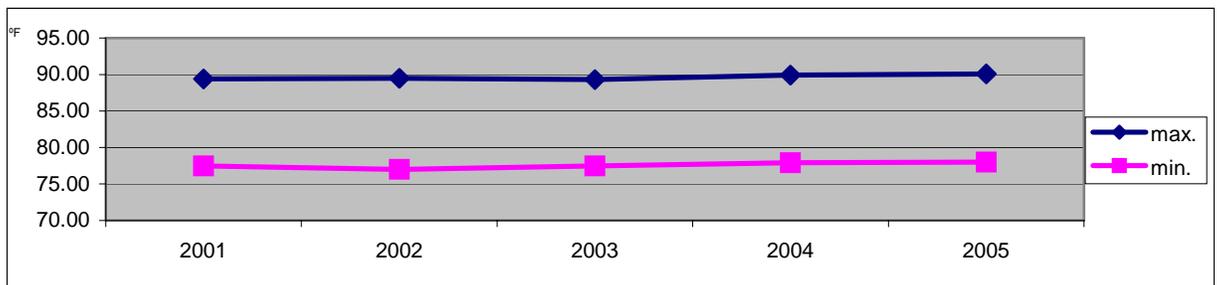
Respecto a América Latina y el Caribe, la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente en conjunto con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México, presentaron un informe preliminar donde describen el impacto del cambio climático en el Suramérica, Centroamérica y el Caribe. En el mismo se mencionan los cambios que sufrirían estas áreas tales como la retirada de los glaciares andinos, cambios drásticos en

los patrones de lluvia en Argentina y Brasil y aumento en frecuencia e intensidad en los huracanes en el Caribe.

Específicamente, en el Caribe se advierte que un aumento de medio metro en el nivel del mar puede inundar más del 50% de las playas. Esto causará el deterioro de la industria turística, así como también aumentará la erosión permitiendo oleadas más altas e inundaciones. Sería una reacción en cadena, pues el aumento de inundaciones costeras tendría como consecuencia la intrusión en los acuíferos de agua dulce y la salinidad en los campos agrícolas que afectaría los cultivos. Por otro lado, los corales morirán y las especies marinas emigrarán a otros lugares.

En el caso de Puerto Rico, al observar las temperaturas registradas según la NOAA, en el área de San Juan durante los años de estudio 2001 al 2005 las mismas se mantuvieron entre 90 y 70 grados *Fahrenheit*. Los promedios máximos estuvieron entre 80 y 90 grados mientras que los promedios mínimos fluctuaron entre 75 y 80 grados. Se observa un leve aumento en el último año, específicamente en las temperaturas mínimas.

Gráfica 4.40: Temperaturas Promedio San Juan 2001-2005



Los gases de invernadero, como son una capa que rodea la Tierra, ayudan a regular las temperaturas. Estos evitan que el planeta se congele y que las temperaturas lleguen cerca de los cero grados. En la atmósfera queda atrapado el calor, lo que provoca el calentamiento global. Además, en ésta se encuentra dióxido desde el año 1750 lo que ha perturbado el equilibrio de estos gases.

El dióxido de carbono es liberado a la atmósfera por la combustión de combustible fósil (aceite, gas natural y carbón), madera y desperdicios sólidos. El metano se obtiene durante el procesamiento de carbón, gas natural y aceite. También se genera como resultado de la descomposición de desperdicios sólidos en vertederos y ganaderías. Por último, el óxido nitroso es emitido durante actividades agrícolas e industriales y también durante la combustión de desperdicios sólidos y combustibles fósiles.

Otros gases que contribuyen al calentamiento del planeta Tierra son los hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafloruro de azufre. Estos últimos, creados por el hombre son generados por una variedad de procesos industriales.

La Junta de Calidad Ambiental contribuye a mantener los niveles de concentraciones de gases de invernadero mediante las condiciones de permisos para operación, resoluciones y órdenes a las industrias. La Agencia interviene con las industrias para que éstas

cumplan con límites establecidos de manera que el impacto al ambiente sea mínimo. Se le limita el consumo de combustible fósil y el por ciento de azufre por peso en el combustible quemado por los equipos de igual o mayor de 8 mm BTU, bajo la Regla 410 del Reglamento para el Control de Contaminación Atmosférica.

Datos colectados de las industrias en Puerto Rico con permiso de operación muestran que para el 2001 había 140 puntos de emisión; en el 2002, 127 puntos; en el 2003, 137 puntos; en el 2004, 135 puntos y en el 2005, 126 puntos. En Puerto Rico, la producción de energía eléctrica se genera a base de combustible fósil, lo cual representa una fuente de emisión considerable. A esto se suman las industrias que utilizan la combustión para generar energía y hacer posible sus procesos.

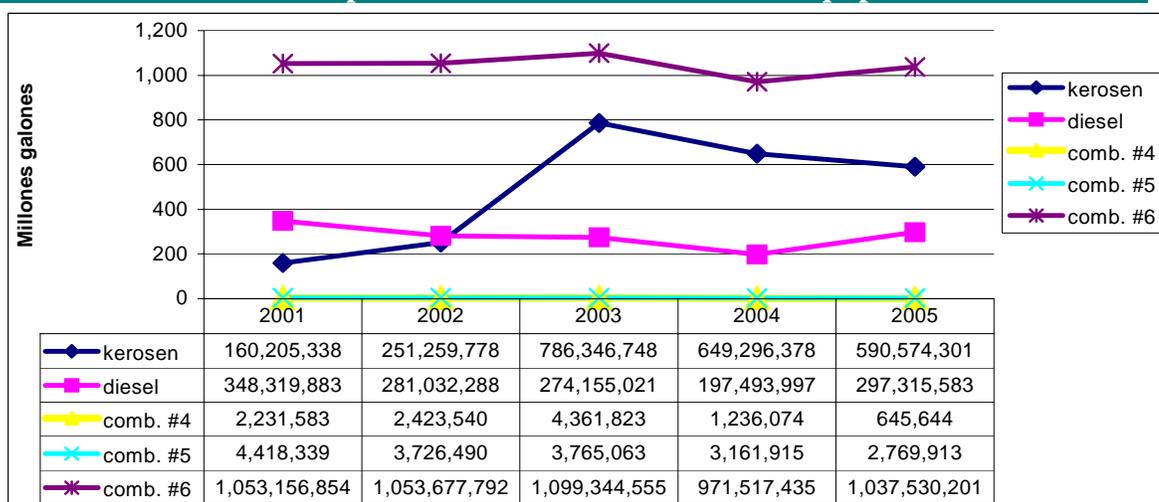
De la información recopilada de los reportes mensuales desde el 2001 al 2005, se determinó que los combustibles quemados en Puerto Rico son diesel, kerosen, combustible #4, combustible #5, combustible #6 y carbón. El resumen de los datos se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4.7: Consumo de Combustibles en Puerto Rico 2001-2005

Tipo Combustible	Millones Galones/ Año					Cambio 2001-2005
	2001	2002	2003	2004	2005	
Kerosen	160.2	251.3	786.3	649.3	590.6	430.4
Diesel	348.3	281.0	274.2	197.5	296.3	(51.0)
Combustible #4	2.2	2.4	4.4	1.2	.6	(1.6)
Combustible #5	4.4	3.7	3.7	3.2	2.8	(1.6)
Combustible #6	1,053.1	1,053.7	1,099.3	971.5	1037.5	(15.6)
Carbón (libras)	4,54.6	991.7	2,973.1	3,251.0	3467.9	3013.3

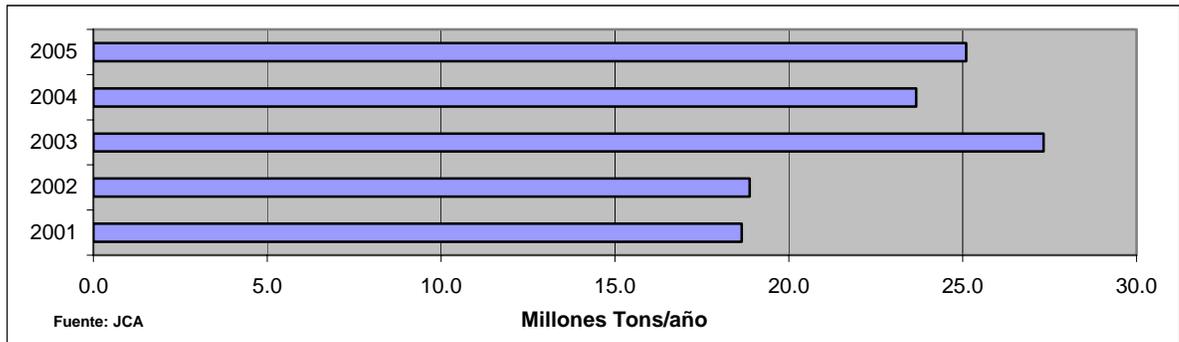
De acuerdo con los datos estadísticos, el consumo de kerosen ha aumentado significativamente desde el 2001 a 2003, mientras el combustible #6 ha disminuido en el 2004. Aunque se puede observar un aumento en el 2005. Sin embargo, el combustible diesel se mantuvo constante hasta el 2004 donde disminuye para aumentar en el 2005

Gráfica 4.41: Comparación Consumo Combustible Equipos 8mm BTU



De acuerdo a esta información, se pueden estimar las emisiones de los gases de efecto de invernadero generados durante este periodo, sin considerar las emisiones procedentes de los procesos. Sólo se incluyen las de combustión. Se observa en la gráfica a continuación que las emisiones para CO₂ aumentaron a 28.1 millones de toneladas para el 2005, un 51% más que el 2001, cuando se emitían 18.6 millones de toneladas. Como se presentó anteriormente, se produjo un aumento dramático en el consumo de diesel. Algo similar sucedió con el kerosen en el 2003. combustible #6 se mantuvo estable durante el 2001 al 2003, mientras que en el 2005 se observa que disminuye.

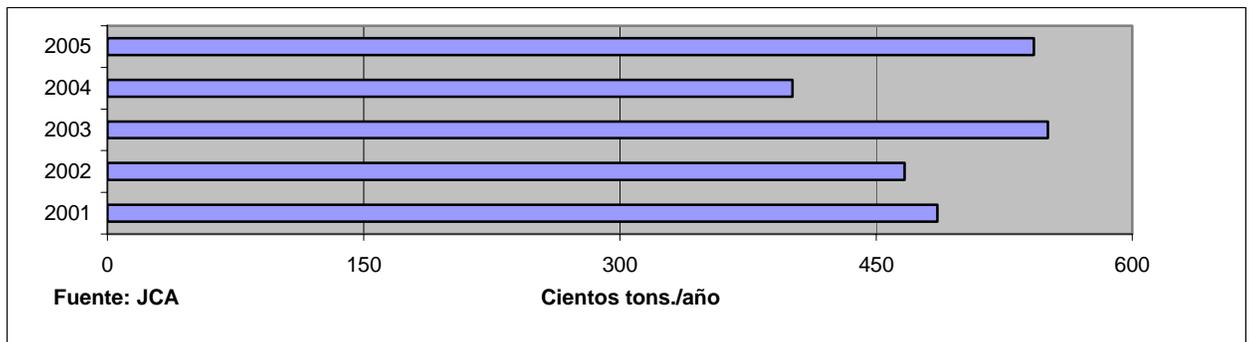
Gráfica 4.42: Emisiones Estimadas de CO₂ – 2001-2005



El resultado de los otros gases de efecto de invernadero es similar, como se puede apreciar a continuación.

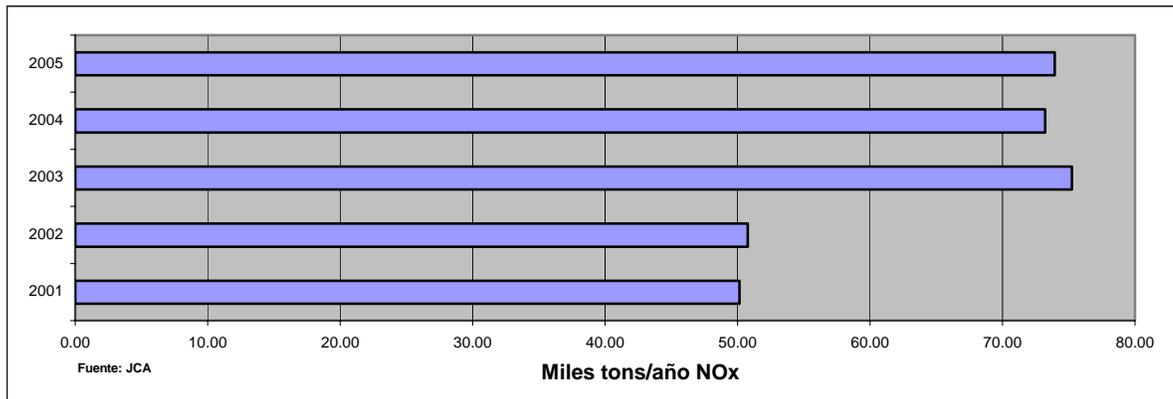
El CO ha aumentado desde el 2001, con un aumento estimado de 3,500 ton./año. Por otro lado, el metano (CH₄) es uno de los contaminantes que demuestra un aumento de 56 ton. al comparar con el 2001. Y por último, NO_x también muestra un aumento paulatino desde el 2001 al 2005, con un cambio estimado de 23,800 ton./año.

Gráfica 4.43: Emisiones Estimadas CH₄ 2001-2005



Si se proyecta al 2010 obtenemos que a base de los equipos de combustión regulados por el Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica bajo la Regla 410 y si las condiciones continúan similares, las emisiones aumentarán en un 128% para CO₂, para CO y CH₄ disminuirán un 5% y 8% respectivamente y para NO_x aumentarán un 3% aproximadamente.

Gráfica 4.44: Emisiones Estimadas NO_x 2001-2005



Lo que implica que se deben adoptar ciertas medidas para reducir el calentamiento global. De lo contrario, ocurrirán todas las proyecciones que los científicos y estudiosos han predicho con relación a los cambios climatológicos.

Se recomienda hacer ciertos cambios y ajustes en nuestro comportamiento para reducir las emisiones y contribuir a mantener los niveles de los gases de invernadero en un nivel adecuado. Por ejemplo:

- sembrar tres árboles en las residencias reduce las emisiones 20 lb./año;
- comprar neveras de alta eficiencia reduce 220 lb./año;
- comprar comestibles en envases reciclados o re-usables reduce 230 lb./año;
- comprar lavadora que trabaje con poca energía y capacidad de agua reduce 440 lb./año;
- instalar calentadores solares reduce 720 lb./año;
- reciclar materiales como vidrio, papel, metal y cartón reduce 850 lb./año;
- tomar transporte público reduce 1,590 lb./año;
- reemplazar las bombillas por las fluorescentes reduce la contaminación 2,300 lb./año y;
- comprar automóviles que ofrezcan eficiencia hasta 32mpg o más reduce 5,600 lb./año.

Si cada familia logra cada una de estas ideas, se reducirían los contaminantes que afectan el calentamiento global en 11,000 lb. aproximadamente.

Area de No-Logros Guaynabo

En el 1992, el área de Guaynabo fue clasificada como área de no logro para PM₁₀. Este contaminante (PM₁₀) se conoce como contaminante criterio.

Una área geográfica que cumple con el estándar primario o no lo sobrepasa, se llama una área de logro o cumplimiento. Las áreas que no cumplen con el estándar primario se llaman áreas de no logro o no cumplimiento.

En el caso particular de Guaynabo, en el 1992, el monitor registró una concentración que excedió la norma primaria y secundaria de 24 horas para PM_{10} . Desde ese entonces la JCA ha realizado varias medidas para mantener los niveles de PM_{10} adecuados y que se cumpla con la norma establecida. El reducir los niveles de material particulado requirió de controles a las fuentes del área que queman combustibles, incluyendo plantas de energía eléctrica, camiones diesel y muchas otras fuentes.

Puerto Rico, a través de la JCA realizó un Plan de Implementación Estatal (SIP, siglas en inglés), para reducir los contaminantes del aire a niveles aceptables. Se establecieron medidas y condiciones de permisos a las industrias como parte del plan para asegurar que las plantas de energía, fábricas y otras fuentes de contaminación cumplieran con las metas de limpieza.

Además, se establecieron medidas a otras fuentes de contaminación como carreteras, espacios sin pavimentar y una variedad de métodos de limpieza. Esto, debido a que muchos de los requisitos de limpieza del material corresponden no sólo a fuentes industriales grandes, sino también a vehículos de motor (autos, camiones, autobuses).

Mediante todas estas medidas contempladas en el SIP, el área de Guaynabo no ha vuelto a exceder la norma de calidad de aire. El gráfico a continuación presenta los valores designados de los últimos años, los cuales demuestran que los valores del área de Guaynabo cumplen con las normas establecidas para PM_{10} de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La JCA está en proceso de solicitar a la EPA la reclasificación del área a logro. La solicitud será mediante un plan de mantenimiento que establece cumplir con un nivel adecuado de emisiones y que los datos recolectados por las estaciones del área estén por debajo de un valor crítico establecido de acuerdo con los últimos años de muestreo.

Se espera que en el próximo año, la JCA complete el proceso de someter toda la documentación y evidencia necesaria que demuestre que el área de Guaynabo alcanzó el nivel adecuado de logro y cumplimiento con la norma. De esa manera, la EPA reclasifica el área a logro y la JCA se compromete a mantener la vigilancia necesaria para que los niveles de particulado no se vuelvan a exceder.

Índice de Calidad de Aire (AQI, por sus siglas en inglés)

Bajo la Ley de Aire Limpio, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, en inglés) exige establecer un índice de calidad de aire nacional para informar la calidad del aire de una localidad. En el 1976, la EPA estableció este índice, entonces llamado el Índice de Normas Estándares de Contaminantes para el uso del estado y de las comunidades locales, (PSI, *Pollutant Standard Index*).

El índice diario de calidad del aire consiste en un valor adimensional, calculado a partir de información que resulta de la legislación vigente y los efectos nocivos para la salud de distintos contaminantes atmosféricos. Su objetivo es facilitar la comprensión de la información relacionada con la contaminación del aire de una forma clara y precisa.

El índice es una manera rápida de decirle al público qué tan bueno o malo es algo. Este mantiene la información sobre las concentraciones de los contaminantes ozono, materia particulada, monóxido de carbono, dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno a nivel terrestre. El Índice de la Calidad del Aire utiliza los números del 0 al 500. Esto es, se normaliza a través de todos los contaminantes de manera que un valor del índice de 100 represente el nivel de protección de salud asociado con la norma para cada contaminante y un valor del índice de nivel 500 el nivel que representa un daño significativo.

Estos números se usan para determinar cuál es el color del AQI (*Air Quality Index*, en inglés), porque el AQI utiliza colores, números y palabras para indicar cómo está el aire. En los días en que se mide un número menor de 100, el aire está limpio. Si el aire está más sucio, el número es mayor. En los días en que se mide un número de más de 100, puede ser que sea dañino respirar el aire.

El conjunto de posibles valores del índice de calidad del aire se divide en seis categorías, que definen los estados de calidad de aire. Éstos son: bueno, moderado, insalubre para grupos sensibles, insalubre, muy insalubre y peligroso, los cuales están asociados a un color. Los colores señalan qué tan saludable está el aire que se respira ese día. Los colores van del verde al amarillo al anaranjado al rojo al morado al marrón; cada color indica que el aire está menos limpio que el color anterior. El verde es el color que indica la mejor calidad del aire. A cada una de las categorías se le asigna un color y un rango como se detalla en el siguiente recuadro.

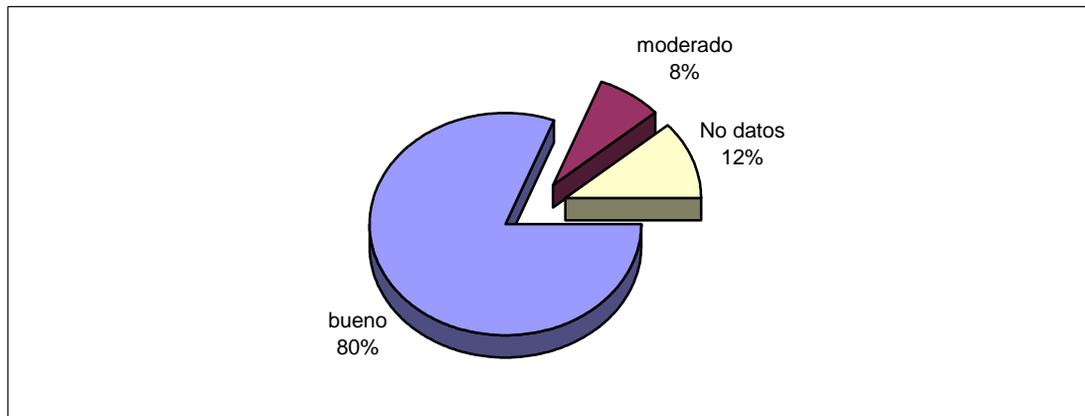
VERDE 0-50	AMARILLO 51-100	ANARANJADO 101-150	ROJO 151-200	MORADO 201-300	MARRÓN 300 O más
----------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------	--------------------------	----------------------------

Actualmente en Puerto Rico, la Junta de Calidad Ambiental mide la contaminación de PM₁₀ en el Barrio Las Vegas en Cataño diariamente. Luego, utiliza los resultados para realizar el cálculo del Índice de la Calidad del Aire, llamado AQI. La Agencia comunica a la ciudadanía el estado de calidad del aire. Los resultados de esta estación indican la calidad del aire que es representativa del área de influencia de dicha estación. Cada día y cada hora se modifica el valor del índice y, por tanto, la información sobre la calidad del aire en la zona correspondiente.

Durante el 2005 la JCA reportó el AQI un 88% de los días. Debido a problemas técnicos con el equipo que realiza el muestreo, el AQI no fue reportado en el 12% de los días del año.

Si se observa el gráfico en el recuadro, de los días que la JCA reportó AQI, un 80% fueron de categoría buena y un 8% de categoría moderada. Esto es, la calidad del aire de la zona que representa mayormente fue buena.

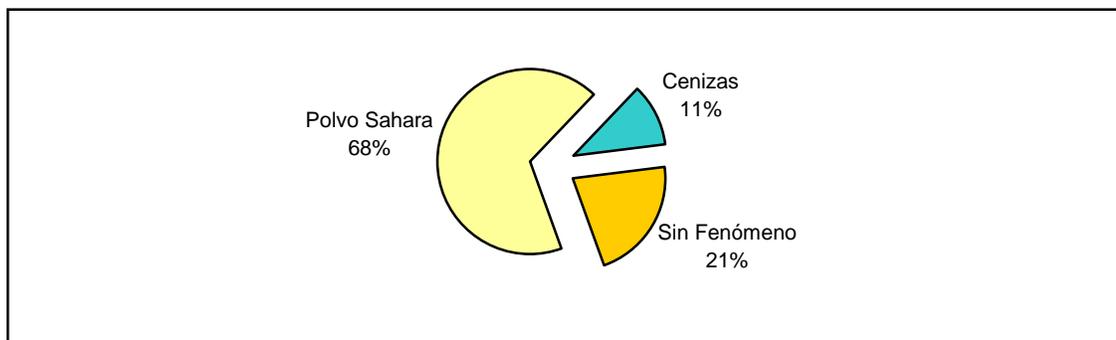
Gráfica 4.45: Por ciento Anual de Días por Categoría Índice de Calidad de Aire 2005



En este año, los valores índices más altos se reportaron en los meses de calor en Puerto Rico, desde abril a septiembre. Como se muestra en el gráfico a continuación, la tendencia en Puerto Rico muestra que durante el verano la calidad del aire no es la mejor. A menudo vemos que el AQI es amarillo, aunque esto no ocurre en días consecutivos sino esporádicos.

Esta tendencia prevalece, ya que precisamente durante esos meses Puerto Rico es impactado por los fenómenos naturales de cenizas del volcán de Monserrate y por el polvo del Desierto del Sahara. Estudios demuestran que ambos fenómenos impactan la calidad del aire. Por tanto, todas las estaciones son impactadas por igual.

Gráfica 4.46: Días con AQI Moderado y Fenómenos Naturales

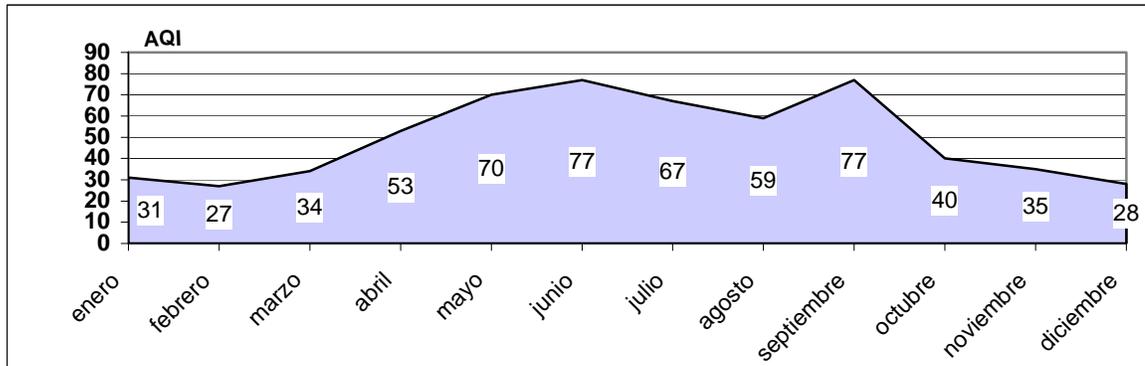


Cuando se determina cuántos de los días con categoría de aire moderado fueron afectados por los fenómenos de acuerdo con información del Servicio de Meteorología de Puerto Rico, un 68% fueron impactados por polvo del Sahara, un 11% por cenizas del volcán de Monserrate y 21% no reportó ningún fenómeno.

Como una de las tareas de la JCA es informar oportunamente el estado de la calidad del aire para proteger la salud de los habitantes de Puerto Rico, cuando estos fenómenos ocurren se emite un comunicado escrito o en la página de la JCA donde se informa los eventos extraordinarios y el incremento de las concentraciones en el AQI. Este

comunicado se emite en determinadas ocasiones o cuando el AQI rebasa la categoría de moderado.

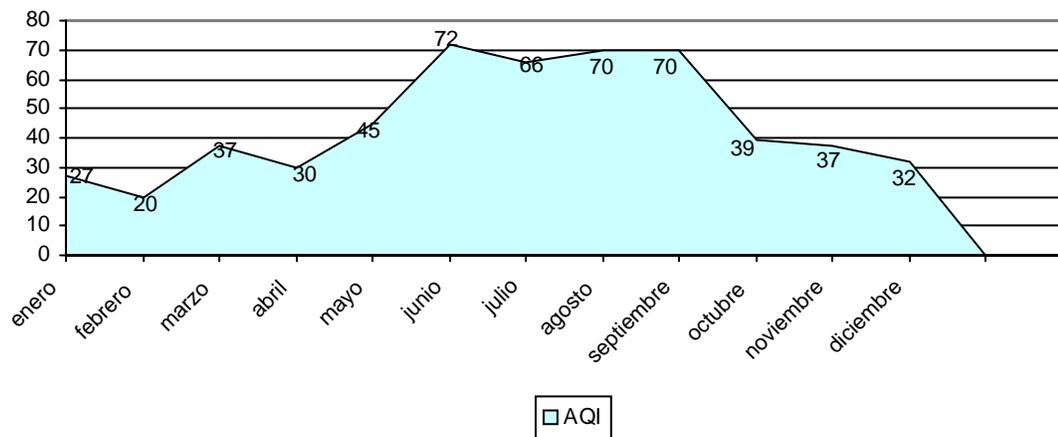
Gráfica 4.47: Índices de Calidad de Aire Máximos 2005



Si se comparan los valores índices mensuales del 2005 con el año anterior (2004) se corrobora la aseveración de que durante los meses de calor Puerto Rico no siempre tiene una buena calidad de aire. Y al igual que en el 2005, en el 2004 los valores también fueron afectados por eventos naturales.

En general, Puerto Rico usualmente disfruta de días despejados y con brisa, con aire limpio y fresco. El aire limpio es aire que contiene contaminantes (polvo o sustancias químicas) en niveles no dañinos. Mientras en algunos días de los meses de abril a septiembre, cuando la Isla es impactada por fenómenos naturales, los días son calurosos y sin viento, el aire puede sentirse pesado y oler mal. Precisamente, es en estos días que el aire puede contener demasiado polvo y sustancias químicas que entran al aire encontrándose éste sucio y contaminado.

Gráfica 4.48: Índice Ambiental Máximo por Mes – 2004



Estudios Especiales

El aire es un bien común limitado. Su utilización y disfrute debe dirigirse en los intereses más altos de la comunidad frente a los intereses individuales, ya que es un elemento indispensable para la vida. Está sujeto a unas normas de calidad que evitan el deterioro de su calidad por el abuso o uso indebido del mismo. El objetivo principal es preservar su pureza dentro de unos límites que no interfieran con el desarrollo normal de los seres vivos y no atenten contra el patrimonio natural. La humanidad tiene el deber de protegerlo para legar a las futuras generaciones un mundo limpio y habitable.

El potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las fuentes industriales y móviles en una zona determinada justifican la implantación de medidas de vigilancia para retornar a la comunidad a un nivel de control y bienestar. La JCA realiza muestreos especiales con el propósito de conocer los niveles de contaminación y de ser necesario implantar las medidas correctivas para restablecer la calidad del aire.

Los muestreos especiales se generan por diferentes motivos. Puede ser por denuncias de vecinos, juntas locales y centros comunales, por solicitud de otras instituciones o empresas (estudios universitarios) o por iniciativa de la JCA para conocer la situación ambiental o simplemente recopilar información para futuras decisiones ambientales.

En el 2005, la JCA inició dos proyectos especiales de muestreo de aire y continuó con otros ya establecidos en los años anteriores. Desde agosto de ese año se cuenta con tres nuevas estaciones automáticas tipo *Hi-Vol*, fijas, con el fin de aumentar la capacidad analítica en relación con parámetros de materia particulada en el municipio de Juana Díaz. Dos de estas estaciones determinan contaminantes PM_{10} y la otra de TSP. Las tres estaciones son localizadas por un período de tiempo variable entre 3 y 6 meses en forma alterna, ésta es, con frecuencia de muestreo cada seis días.

Además, se comenzó otro estudio especial en el municipio de Salinas. Este muestreo también es con equipo automático de tipo *Hi-Vol* que toma muestras de PM_{10} . La frecuencia de muestreo es de cada seis días.

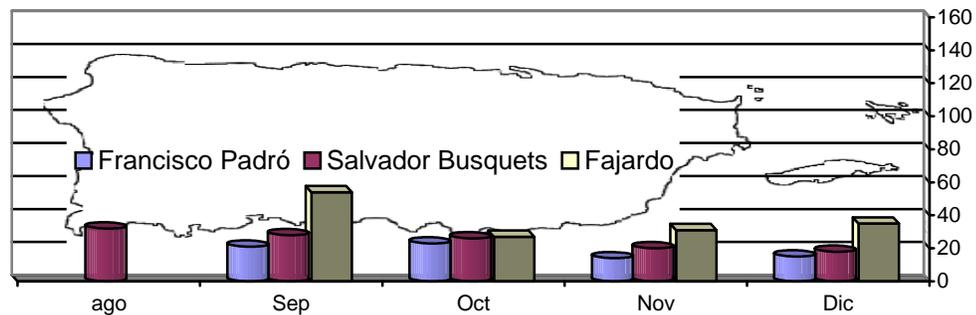
Juana Díaz

Las estaciones de Juana Díaz están localizadas en el barrio Guayabal. Las mismas toman muestras de materia particulada (PM_{10} y TSP) desde agosto. El objetivo principal del muestreo es determinar la calidad del aire (PM_{10}) y algunos metales suspendidos en el aire (TSP). La fuente principal es la extracción de corteza terrestre por parte de tres canteras en el área, especialmente la Cantera Canarico.

Los resultados obtenidos por ambas estaciones se compararon contra los obtenidos por la estación identificada como de referencia por la JCA que ubica en Fajardo. Si se observa el gráfico, las estaciones de Juana Díaz obtuvieron concentraciones más bajas que la de referencia, a pesar de excluir los valores afectados por el polvo de Sahara en la estación de referencia.

Cuando se compara contra la norma nacional, es evidente que según los resultados se cumple con la norma de PM₁₀. Las concentraciones más altas obtenidas (28 y 23 µg/m³) sólo representan un 18.7 y 15.3% de la norma (Salvador Busquets y Francisco Padró respectivamente). Lo que tiende a implicar que en Juana Díaz la calidad del aire es aceptable en cuanto al parámetro de PM₁₀.

Gráfica 4.49: Promedio Máximo 24 Horas PM₁₀ - 2005

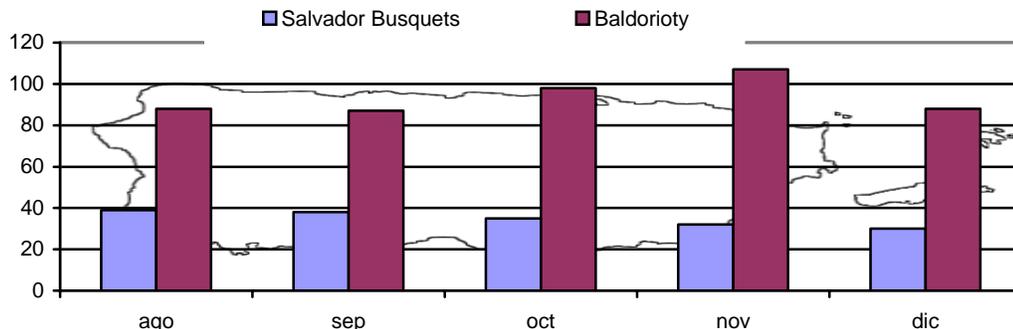


Aunque cuando se visitó el área y si se observa la foto a continuación se puede pensar que existen emisiones de materia particulada total suspendida presente en las inmediaciones de las canteras del área. Esto hace pensar que el problema puede ser de un tamaño distinto de PM₁₀, tal vez menor o mayor de 10 micrones. Por tanto, la JCA instaló una estación de TSP, a pesar de que este parámetro ya no es criterio ni posee norma nacional vigente.



Esta estación ubica en la Escuela Salvador Busquets. Toma muestras cada seis días y comenzó en agosto de 2005. La gráfica a continuación presenta los resultados obtenidos comparados con los obtenidos por la estación de Baldorioty. Se compara contra ésta, ya que es la única estación que actualmente toma muestras de TSP en Puerto Rico.

Gráfica 4.50: Promedios Máximos de 24 Horas TSP - 2005



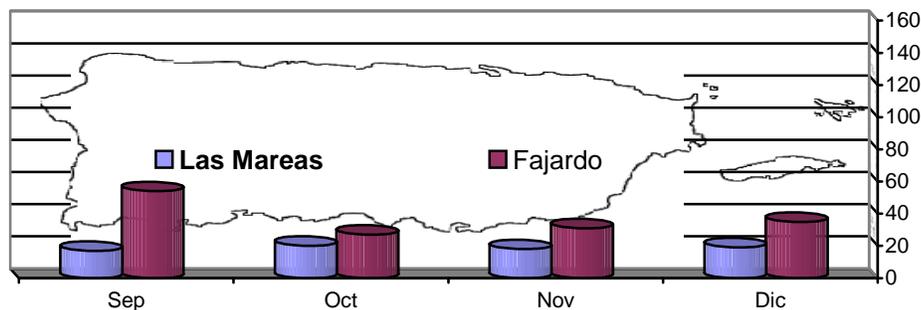
También en TSP, los resultados obtenidos por la estación de Juana Díaz son más bajos que los obtenidos con la estación de comparación (Baldorioty). Además, están por debajo de la norma de estar vigente de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio de 24 horas.

Salinas

La estación que ubica en Salinas responde a una solicitud de la Escuela de Salud Pública del Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad de Puerto Rico. El objetivo es medir la calidad del aire en cuanto al parámetro de PM_{10} como indicador. De esta manera, la Escuela podría utilizarlos y relacionarlos con otros datos de salud de la comunidad que ellos estaban midiendo.

La estación se estableció en la Escuela Las Mareas ubicada en el Barrio Las Mareas del municipio de Salinas. El parámetro para medir es materia particulada inhalable de 10 micrones, con una frecuencia de muestreo de cada seis días y por un periodo de seis meses de duración. La misma comenzó a tomar muestras en septiembre de 2005.

Gráfica 4.51: Promedio Máximo 24 Horas PM_{10} - 2005



Los resultados se muestran en la gráfica anterior. De acuerdo con éstos, se cumple con la norma nacional de calidad de aire para PM_{10} . Al compararlos con los datos de la estación identificada como de referencia en Fajardo, las concentraciones de Salinas son más bajas.

Resumen Estudios Especiales

En general, se puede decir que las áreas donde se comenzaron los estudios especiales hasta el momento de preparar este informe, cumplen con las normas nacionales de calidad de aire para los parámetros muestreados (PM_{10} y TSP). Se recomienda completar los mismos para concluir con mayor certeza el cumplimiento con las normas.

Es recomendable establecer estaciones meteorológicas en conjunto con las de muestreo de aire para determinar direcciones y velocidad del viento en los estudios especiales, de tal manera que se tenga una base de datos más completa de las áreas estudiadas.

Estaciones de Muestreo: Autoridad de Energía Eléctrica (AEE)

El proyecto especial de las estaciones de muestreo de aire de Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) en el área metropolitana surge ya que el 16 y 17 de febrero de 2002, la AEE excedió los límites de opacidad de 20% a 95%. La EPA investigó el incidente que

impactó a varias comunidades en Cataño. Este evento violó la probatoria que la EPA le había impuesto a la AEE.

Como consecuencia, la EPA, el Departamento de Justicia Federal y la AEE establecieron un acuerdo por consentimiento en donde se le exigió a la AEE a instalar 14 estaciones ubicadas en Guayama, Guayanilla y Cataño. Estas estaciones muestrearían SO_2 y $PM_{2.5}$, con la condición de que fuera la JCA la que determinara la ubicación de las mismas contando con la participación de las comunidades.

Como la JCA no fue parte de este acuerdo, el Departamento de Justicia la nombra como perito de esa agencia.

Luego de varias reuniones entre la JCA y la comunidad de Cataño, se acordó establecer cinco estaciones de muestreo en el área de Palo Seco. Se ubicaron las estaciones 01 y 05. De éstas, la estación cinco está ubicada en el Cuartel de la Policía Estatal en Juana Matos, Cataño y la estación uno está ubicada en la carretera 869 Avenida Boulevard Las Palmas, del mismo municipio. La información recolectada de estas estaciones está orientada a la protección de la población. En ambas estaciones se muestrea $PM_{2.5}$ y SO_2 . Estos contaminantes son mayormente los emitidos por la combustión generada por los vehículos de motor, o por la generación para producir energía que proviene de facilidades industriales, calderas o generadores de vapor.

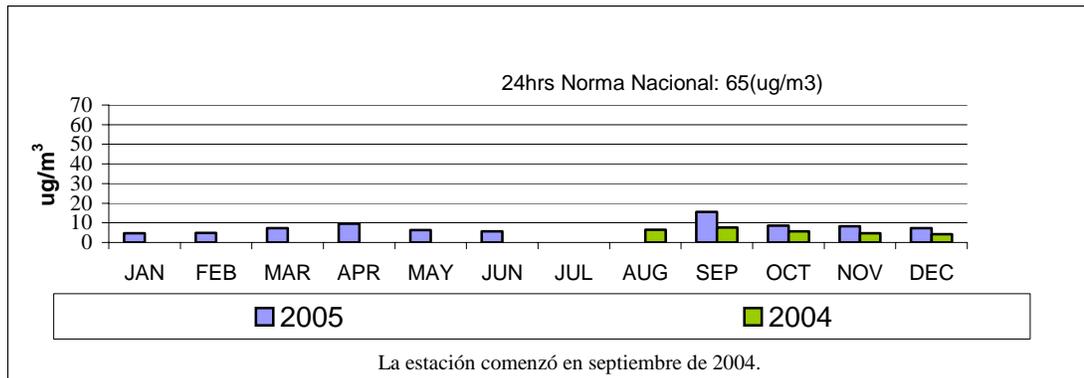
Fotografía 4.4: Estación JCA #05
Cuartel de la Policía Estatal-Juana Matos, Cataño



Materia Particulada ($PM_{2.5}$)

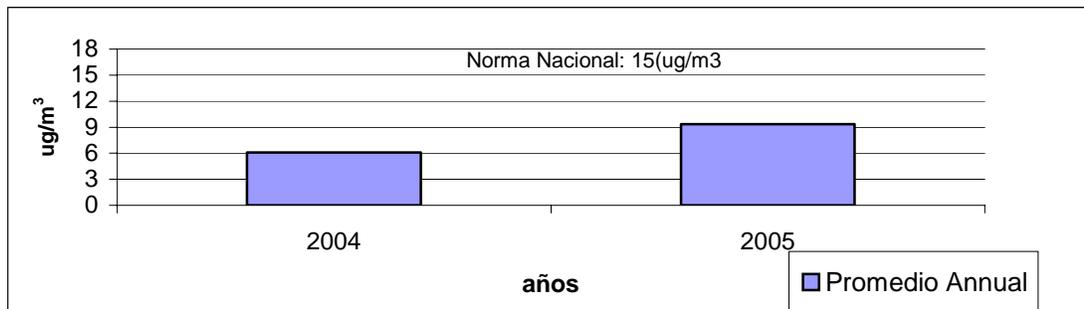
Las normas establecidas según la Ley de Aire Limpio para promedio de 24 horas es de 65 ug/m^3 como norma primaria y secundaria. El Promedio Anual Aritmético es de 15 ug/m^3 como norma primaria y secundaria. La evaluación de los datos obtenidos para estos años se presenta a continuación.

Gráfica 4.52: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 24 Horas de PM_{2.5} - Estación 1



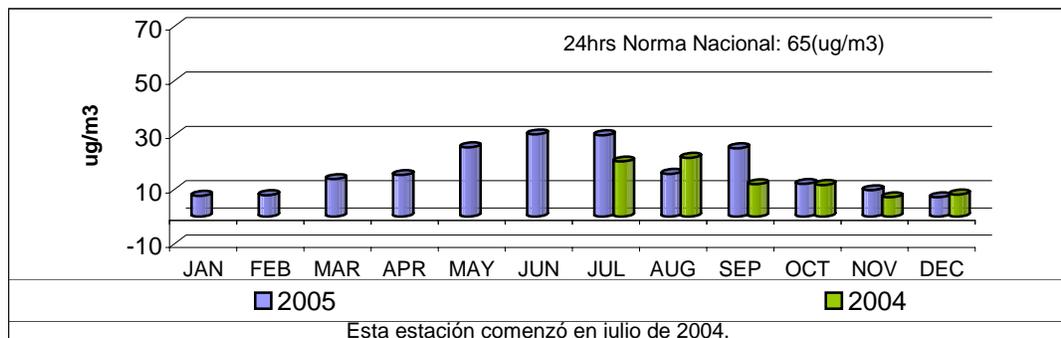
- En la estación JCA 1, ubicada en la carretera 869 Avenida Boulevard Las Palmas de Cataño, se analizaron 2,848 datos para el 2004 y 5,827 para el 2005. El 100% cumple con la norma establecida de 24 horas. La concentración máxima se observó en el 2005 con 15.6 ug/m³. Esto es un 24% respecto a la norma.

Gráfica 4.53: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} – Estación 1



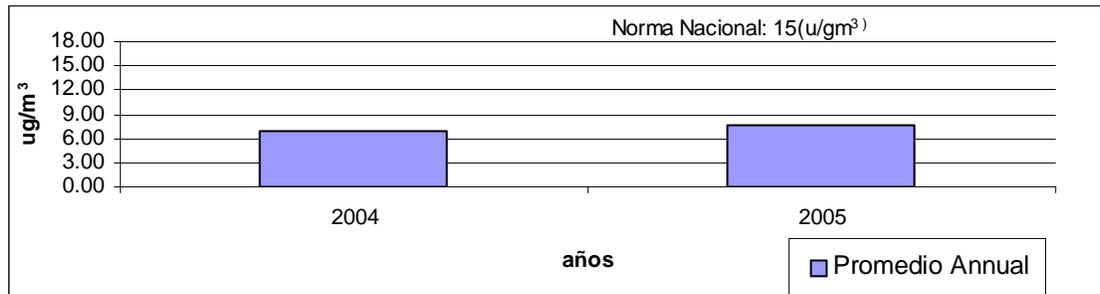
- En esta gráfica se comparan los Promedios Anuales Aritméticos por años. La norma anual nacional es de 15(ug/m³). Los dos años cumplen con la norma establecida al 100%. En el 2005 es más alto el promedio anual debido a que la estación comenzó en septiembre de 2004. Esta no tomó muestras en el período de verano o los meses de calor, en los que usualmente hay eventos naturales tales como polvo de Sahara y cenizas de volcán que impactan los datos obteniendo promedios más altos.

Gráfica 4.54: Comportamiento de Concentraciones Máxima de 24 Horas de PM_{2.5} - Estación 5



- En la estación JCA 5 ubicada en Cataño, se analizaron 3,718 datos para el 2004 y 7,761 para el 2005. El 100% cumple con la norma establecida de 24 horas. La concentración máxima se observó en el 2005 con 30.2 ug/m³. Esto es, un 46% respecto a la norma de 24 horas.

Gráfica 4.55: Promedio Aritmético Anual PM_{2.5} – Estación 5



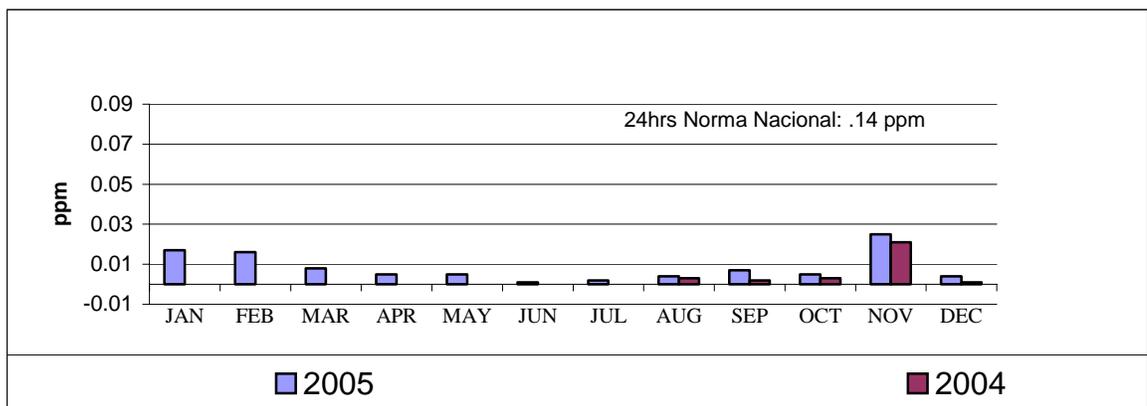
- En esta gráfica se comparan los Promedios Anuales Aritméticos por años. Se puede observar que la norma nacional es de 15 (ug/m³). Los dos años cumplen con la norma establecida al 100%. Entre 2004 y 2005 están más o menos igual, el 100% cumple con la norma anual establecida.

Bióxido de Azufre (SO₂):

El Bióxido de Azufre (SO₂) 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.

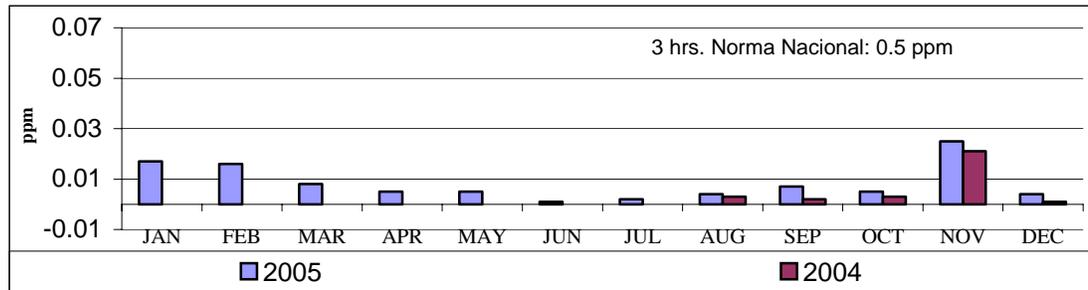
Las normas establecidas según la Ley de Aire Limpio para promedio de 3 horas es de 0.50 ppm (1300 ug/m³) como norma secundaria y promedio de 24 horas de 0.14 ppm (365 ug/m³) como norma primaria. El Promedio Anual Aritmético es 0.03 (80 ug/m³). Los datos obtenidos para estos años son los siguientes:

Gráfica 4.56: Comportamiento de Concentraciones Máxima de 24 Horas SO₂ - Estación 1



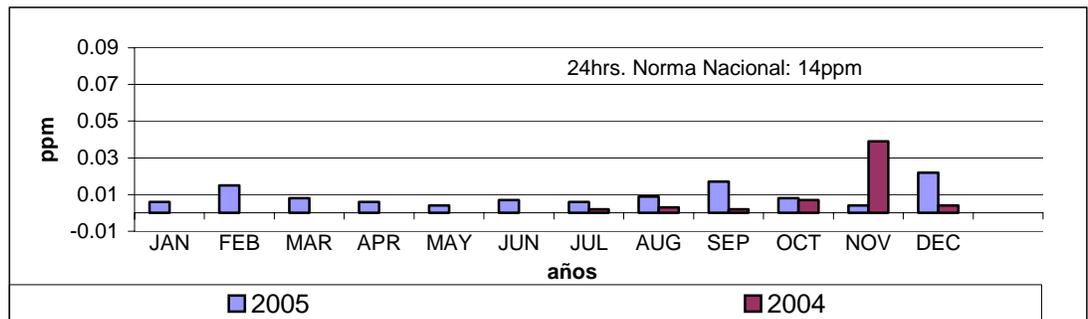
- Se analizaron 7,924 datos para el 2005 y 2,563 datos para el 2004. El 100% cumple con la norma establecida para las 24 horas. La concentración máxima se observó en el 2005 con 0.025 ppm. Esto es, un 17% respecto a la norma de 24 horas.

Gráfica 4.57: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 3 Horas de SO² - Estación 1



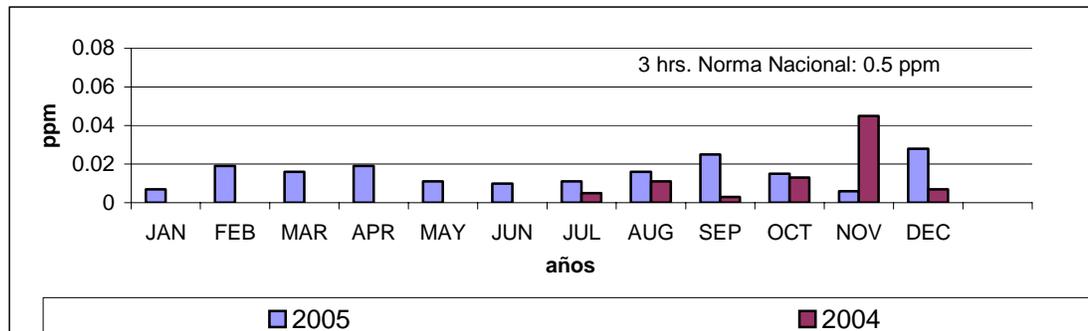
- Se analizaron 7,924 datos para el 2005 y 2,563 datos para el 2004. El 100% cumple con la norma establecida para las 3 horas. La concentración máxima se observó en el 2005 con 0.07 ppm lo que significa un 14% respecto a la norma de 3 horas.

Gráfica 4.58: Comportamiento de Concentraciones Máximas de 24 Horas SO² - Estación 5



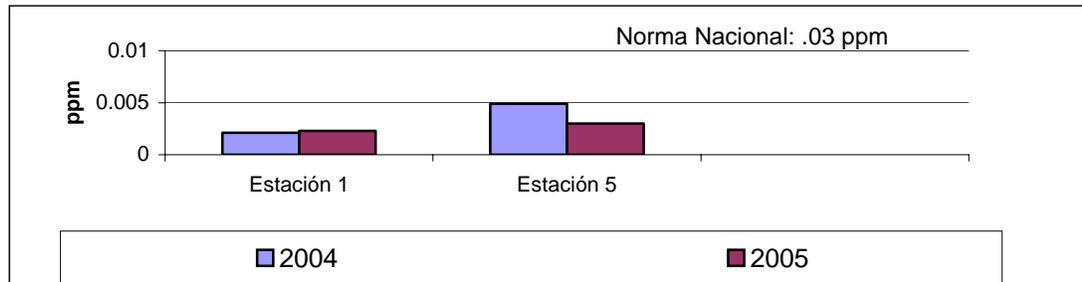
- Se analizaron 8,350 datos para el 2005 y 3,080 datos para el 2004. El 100% cumple con la norma establecida para las 24 horas. La concentración máxima se observó en el 2004 con 0.039 ppm. Esto es un 28% respecto a la norma de 24 horas.

Gráfica 4.59: Comportamiento de Concentraciones Máximas 3 Horas de SO² - Estación 5



- Se analizaron 8,350 datos para el 2005 y 3,080 datos para el 2004. El 100% cumple con la norma establecida para las 3 horas. La concentración máxima se observó en el 2004 con 0.06 ppm. Esto es un 12% respecto a la norma de 3 horas.

Gráfica 4.60: Promedio Aritmético Anual – Bióxido de Azufre (SO²)



- En esta gráfica se comparan los Promedios Anuales Aritméticos por años. La norma nacional es de 0.03 ppm. y ambas estaciones cumplen con la norma establecida al 100%. En un año y medio estudiado las concentraciones máximas fluctuaron entre 0.0021 ppm - 0.0049 ppm. en el 2004 y 0.003 ppm - 0.0023 ppm en el 2005.

Proyecto Piloto de Tóxicos

La Junta de Calidad Ambiental desde el 2001, en coordinación con la Oficina de Estándares y Planificación de Aire de la EPA en *Research Triangle Park, North Carolina* (RTP, en inglés) forma parte del Programa de Muestreo de Aire para Tóxicos Urbanos.

Se seleccionaron dos puntos, uno localizado en San Juan, que representa el área metropolitana de San Juan y la otra en Barceloneta que cubre el área industrial y farmacéutica de la zona. Ambos puntos son áreas afectadas grandemente por contaminantes tóxicos. Como todo proyecto piloto, este programa de muestreo tiene como fin presentar un perfil de una situación o área. En nuestro caso, la finalidad es describir los niveles de contaminantes tóxicos de ciertas áreas e identificar los posibles contaminantes tóxicos emitidos. Además, desarrollar una base de datos que describa las áreas seleccionadas.

Según la EPA, los contaminantes tóxicos son sustancias venenosas en el aire que provienen de fuentes naturales o de fuentes creadas por el hombre y que pueden dañar el ambiente o la salud. La exposición a estos contaminantes tóxicos del aire puede aumentar sus riesgos asociados de enfermar.

Los contaminantes de más importancia son los que pueden causar efectos serios a la salud, y son emitidos al aire en cantidades lo suficientemente grandes para ser tóxicos y alcanzar a muchas personas. Muchos pueden ser transportados por el viento desde su punto de emisión a otros lugares.

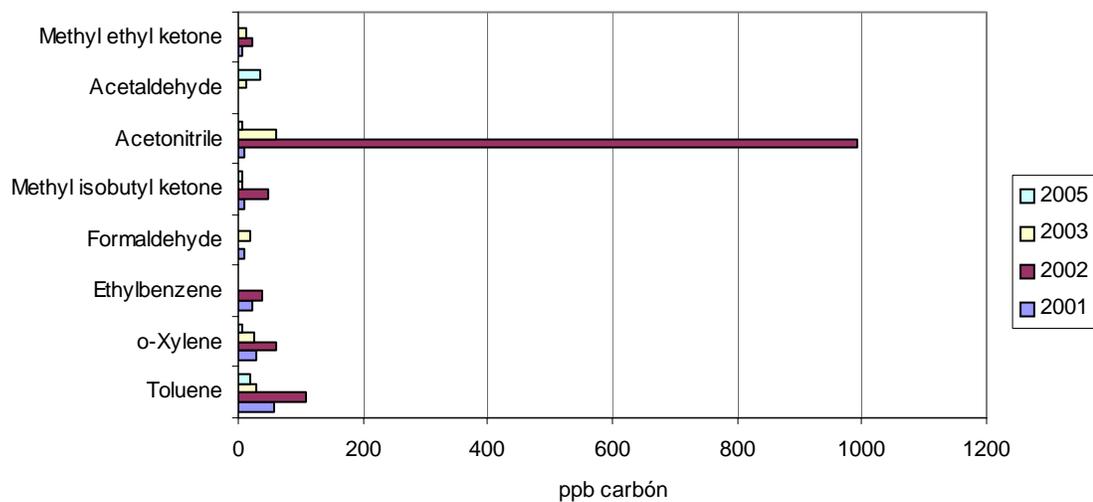
Factores como el clima, el terreno y las propiedades químicas del contaminante determinan cuán rápido pueden ser transportados. Algunos degradan muy poco, a éstos se les llama tóxicos persistentes porque se mantienen por buen tiempo y pueden ser

transportados a grandes distancias. Por tanto, es importante identificarlos en nuestras comunidades.

Existen muchas fuentes de contaminantes de aire tóxicos. Por ello, es importante identificar las fuentes, conocer qué emite cada una de ellas y las cantidades emitidas, si algunas. En el caso de Puerto Rico, se utilizó el inventario de emisiones tóxicas bajo la Sección 313 de SARA III del 2003 para las zonas de Barceloneta y Bayamón y se identificó en mapa tanto la ubicación de la estación como las industrias cercanas a la misma.

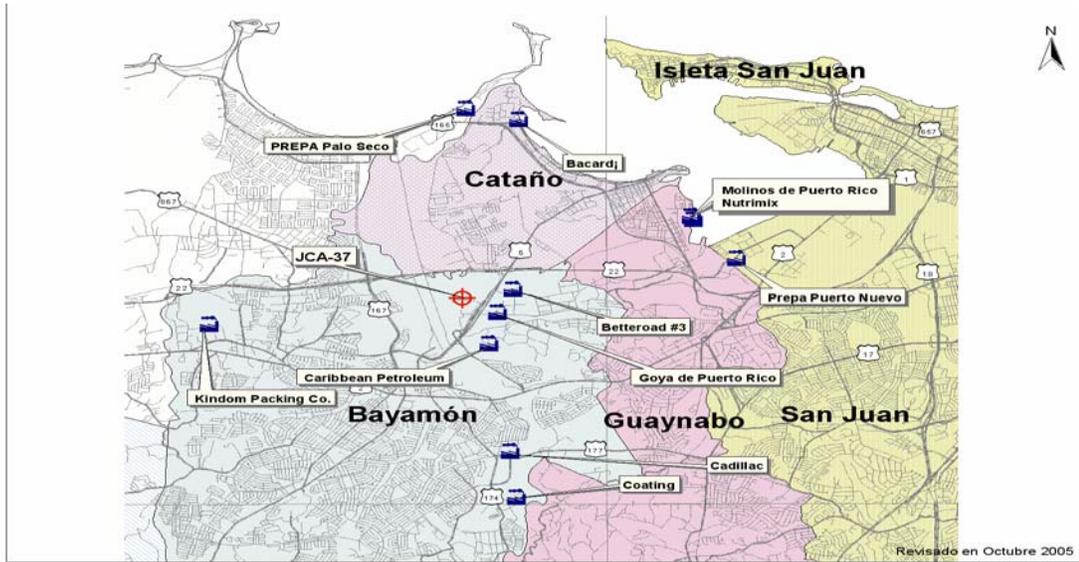
En el caso de Bayamón, según información del *Toxic Release Inventory (TRI) 2003*, los contaminantes mayormente emitidos son los siguientes: *toluene* (48.5 ton./año), *n-hexane* (33.8 ton./año), *methyl isobutyl ketone* (7.5 ton./año), *benzene* (3.4 ton./año) y *xylene* (2.1 ton./año). Precisamente, estos contaminantes fueron identificados por la estación de tóxicos de la JCA para el 2003. En la gráfica a continuación se resumen los cinco primeros de acuerdo con los resultados: *acetoneitrilo*, *tolueno*, *o-xylene*, *methyl ethyl ketone* y *formadehyde*.

Gráfica 4.61: Concentraciones HAPS – Estación en Bayamón



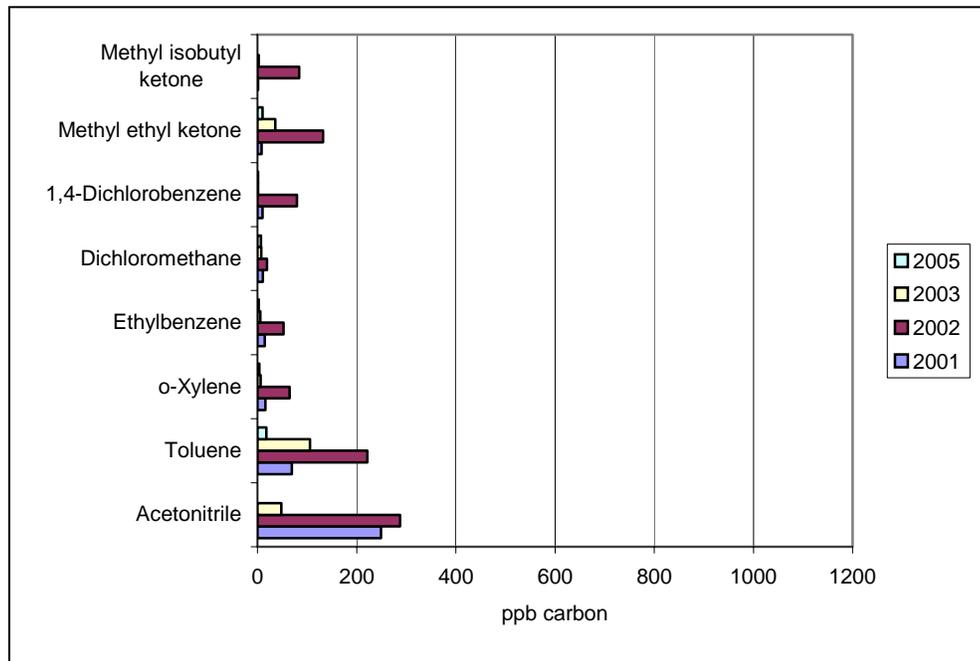
Aunque no se puede adjudicar la procedencia de los contaminantes, sí se puede identificar por mapa geográfico la localización de la estación con las industrias cercanas que manejan entre su materia prima los contaminantes identificados. A continuación se presentan las industrias más próximas, entre las cuales se identifican: Bacardí y Goya de Puerto Rico.

Mapa 4.22: Estaciones de Muestreo JCA 37 – Región de San Juan



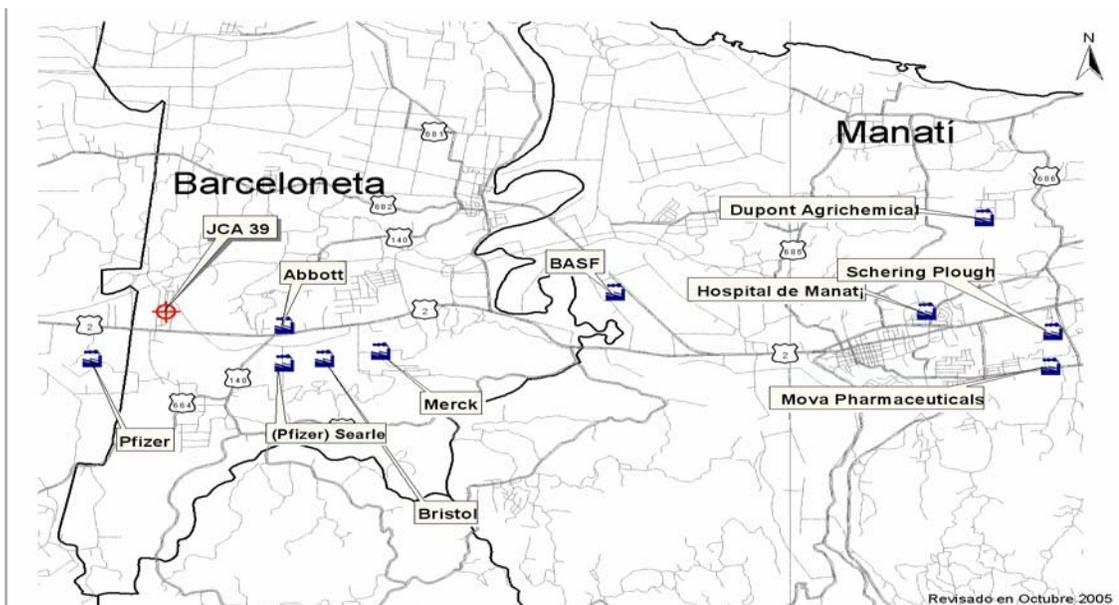
En el caso de Barceloneta, de acuerdo con los datos de TRI, se identificaron los siguientes contaminantes en rango de mayor a menor emitidos: *acetonitrilo* (124.5 ton./año), *dichloromethane* (83 ton./año), *methanol* (15.1 ton./año), *hydrochloric acid* (6.1 ton./año) y *amonía* (4.4 ton./año). Al igual que en Bayamón, la estación identificó casi los mismos contaminantes que los reportados en TRI. La gráfica a continuación muestra los resultados, pero para el 2003, se organizaron de mayor a menor como sigue: *tolueno*, *acetonitrilo*, *methyl ethyl ketone* y *dichloromethane*.

Gráfica 4.62: Concentraciones HAPS – Estación en Barceloneta



En cuanto a las industrias identificadas, en Barceloneta existen varias que manejan los contaminantes señalados. Entre éstas están: *Abbott*, *Pfizer*, *Searle*, *Bristol* y *Merck*. Aunque la JCA no tiene estación de meteorología cercana en el área, mayormente el viento proviene del sureste. La localización de cada una de las industrias y de la estación se detalla en el mapa a continuación.

Mapa 4.23: Estaciones de Muestreo JCA 39 – Región de Arecibo



Aunque se ha observado que las concentraciones de algunos de los contaminantes se ha reducido, otros han presentado un leve aumento. En Bayamón durante el 2005 se comenzó a registrar acetaldehído y tolueno, y en Barceloneta, tolueno y *methly ethyl ketone*.

Es importante mantener vigilancia en estas áreas, ya que las sustancias registradas de acuerdo a las hojas informativas sobre sustancias peligrosas de OSHA, EPA y NIOSH las tienen identificadas como peligrosas.

- Acetaldehído: líquido o gas incoloro con olor fuerte a fruta. Se utiliza para fabricar otras sustancias químicas. Esta sustancia está en la Lista Especial de Sustancias Peligrosas para la salud porque es carcinógena, inflamable y reactiva.
- Tolueno: líquido incoloro con olor característico. El tolueno ocurre en forma natural en el petróleo crudo. También se produce de la manufactura de gasolina y de otros combustibles. Se usa en la producción de pinturas, diluyentes de pinturas, barniz para uñas, laca, adhesivos y gomas, y en ciertos procesos de imprenta. El mismo entra al medio ambiente cuando se utilizan materiales que lo contienen. El tolueno afecta el sistema nervioso.
- Metil etil acetona: es un líquido incoloro con un olor fragante similar a la menta. Se utiliza como solvente y en la fabricación de plásticos, textiles y pinturas.

En general, se recomienda mantener vigilancia preventiva debido a los efectos nocivos que estas sustancias pueden tener sobre la salud. Aunque no se han establecido normas nacionales para los mismos en aire exterior, las agencias²² concernidas recomiendan control en el manejo, almacenamiento y evitar derrames para la prevención de contaminación ambiental y que afecten la salud.

Acciones de la Autoridad de Carreteras y Transportación

Otra agencia relacionada con acciones de control de calidad del aire es la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT). Como parte de esas acciones, esta agencia evalúa los resultados de las emisiones para los procesos de declaración de impacto ambiental de los proyectos de transportación y también para realizar las Determinaciones de Conformidad con la Ley Federal de Aire Limpio. De acuerdo a información suministrada por la ACT, el Análisis de Conformidad efectuado para la Región Metropolitana de San Juan en el 2005 mostró que las emisiones de PM¹⁰ provenientes de polvo fugitivo y vehículos de motor operando en la red de carreteras del Área Metropolitana de San Juan, inclusive el Área de No-Logro del Municipio de Guaynabo, se encuentran muy por debajo del presupuesto de emisiones establecido en el Plan de Implantación Estatal. (Información detallada sobre estas evaluaciones está disponible en el estudio titulado “Transportation Air Quality Conformity Analysis for the 2030 Plan of the San Juan Metropolitan Region” preparado por Parsons para DTOP/ACT en septiembre de 2005). Este análisis aplica al Plan de Transportación a Largo Plazo de San Juan, el cual cubre la Región Metropolitana de San Juan que incluye 38 municipios. Según la ACT, los resultados de ese análisis indican que los volúmenes de emisiones de material particulado para la Región se encuentran y continuarán dentro de los niveles permitidos por el SIP por la duración del período cubierto por el Plan de Transportación, el cual culmina en el año 2030.

En diciembre de 2005 el Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP) y la ACT iniciaron con la JCA la coordinación de un estudio requerido por la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA) para determinar si se puede retirar a la referida área de la lista de áreas de no-logro para proseguir con la implantación de un plan de mantenimiento limitado (LMP, por sus siglas en inglés). La ACT se propone continuar con este esfuerzo a través de un comité coordinador que incluye personal de la JCA, EPA, la Administración Federal de Carreteras (FHWA, por sus siglas en inglés) y la Administración Federal de Transporte Colectivo (FTA, por sus siglas en inglés).

Las Fuentes de emisión que son injerencia de la ACT son aquellas catalogadas como Fuentes Autorizadas que son principalmente proyectos de construcción de carreteras y otros proyectos de transportación como rutas no-motorizadas y transporte colectivo. Estas producen emisiones de polvo fugitivo durante las etapas de construcción. En el año fiscal 2004-2005 se comenzaron 143 de estos proyectos. También se encuentran las Fuentes Móviles que son vehículos de motor. En el año fiscal 2004-2005 se registró en

²² **OSHA:** Administración de Salud y Seguridad Ocupacional, agencia que adopta y hace cumplir las normas de salud y seguridad. **NIOSH:** Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional. Examina equipos, evalúa y aprueba los respiradores. Propone y realiza estudios sobre peligros en el lugar de trabajo y propone normas a OSHA. **EPA:** Agencia de Protección Ambiental. Es la Agencia responsable de regular peligros ambientales.

Puerto Rico un total de 2,801,115 vehículos. De estos 2,198, 489 son automóviles privados. Estas Fuentes producen emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (NOX), óxido de azufre (SO₂), oxidantes fotoquímicos, ozono (O₃) y material particulado (PM). Este último es objeto del análisis de conformidad que realiza la ACT relacionado al Área de No-Logro de Guaynabo. Como se mencionó anteriormente, la ACT indica que los resultados de los estudios realizados por esta agencia demuestran que los niveles totales de las emisiones de material particulado en esa área están muy por debajo de los límites permitidos por el SIP, y que se espera que estos disminuyan aún más en los próximos años.

La Autoridad de Carreteras también se une a los esfuerzos por controlar los gases de invernadero a través de acciones dirigidas a limitar las emisiones de los mismos. A esos efectos realiza análisis de microescala en el área próxima a las vías de rodaje dentro de un perímetro de 300 metros. El contaminante de mayor interés en estos análisis es el monóxido de carbono (CO), por las siguientes razones:

- Sirve para establecer las tendencias de las emisiones de contaminantes generados por el tránsito.
- Es un contaminante con poca reactividad.
- La dispersión de CO se puede estimar exactamente mediante modelos disponibles.

Otras medidas o acciones de la ACT con el fin de contribuir a la protección de la calidad del aire son las siguientes:

- Se realizan esfuerzos de manejo de congestión de tránsito tales como la conversión en una sola dirección de todas las plazas de cobro de peaje y el desarrollo e implantación del sistema de auto-expreso en las autopistas.
- La Política Pública Ambiental y la Política de Transportación Sostenible del DTOP y ACT proponen que, una vez se complete la denominada Red Estratégica de carreteras, compuesta por PR-53, PR-66 y conversión a expreso de la PR-2, se desarrolle un programa de mantenimiento del sistema vial existente y se enfatice el desarrollo de medios de transporte colectivo no-motorizado, dando mayor importancia al peatón y la protección del ambiente y la conservación de recursos. La ACT también se encuentra elaborando el Plan de Transportación Multi-modal a Largo Plazo para Puerto Rico, actualmente en borrador, el cual incluye el desarrollo de alternativas de transportación colectiva a largo plazo a través de todo Puerto Rico. Ya se trabaja en estudios de alternativas y estudios ambientales para las extensiones del tren hacia Caguas y Carolina.
- También el Plan Metropolitano de Transportación incluye varias mejoras viales a largo plazo que han sido planificadas con el objetivo de mejorar el sistema vial de transportación en la región metropolitana de San Juan, incluyendo al Área de No-Logro de Guaynabo. De acuerdo con la ACT, estos proyectos propuestos a largo plazo a su vez ayudarán a mejorar la calidad del aire en general.

- Cumplimiento con el Reglamento de Planificación Número 25, para lo cual se incluye un plan de siembra en los contratos de los proyectos de construcción, mientras que para algunos casos se adquieren terrenos boscosos para transferirlos al banco del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Entre las funciones que tienen las cubiertas vegetales, especialmente las áreas densamente pobladas por árboles, está la protección de la calidad del aire. Durante el proceso de transpiración de los árboles, estos consumen bióxido de carbono y liberan oxígeno.

Metas, Estrategias y Proyecciones

De acuerdo a los datos colectados por la JCA, la calidad del aire en Puerto Rico cumple con las normas nacionales establecidas por cada uno de los parámetros criterios que se toman muestras en Puerto Rico.

Si las condiciones se mantienen iguales o similares, se espera que en los próximos años la calidad del aire se mantenga buena. Con los reglamentos vigentes y la nueva reglamentación que se promulgue se continuará con la vigilancia y regulación a las industrias para mantener los niveles de la calidad de aire adecuados y evitar que el mismo se deteriore.

En los próximos años se planifica:

- Continuar con estudios especiales en otras áreas o de especial vigilancia.
- Se continuará con la regulación a las industrias, requiriendo nueva tecnología ambiental.
- Establecer algunas estaciones en áreas que actualmente no se monitorean, como lo es la región de Mayagüez y reestablecer estaciones en zonas altamente industrializadas como el pueblo de Barceloneta.
- Se reubicarán estaciones meteorológicas para medir patrones de viento y poder determinar posible procedencia de las emisiones y además informar a la población sobre eventos naturales que les pueden afectar.
- Establecer y conectar otras estaciones para informar la calidad de aire mediante índices ambientales en otras áreas de Puerto Rico.
- Se espera instalar las otras estaciones de la AEE en el área sur de Puerto Rico y cumplir con la orden del Tribunal Federal. Se propone añadir seis estaciones de SO₂ en el área Costa Sur de Puerto Rico por un periodo de seis meses. Entre los planes están reuniones con la comunidad para decidir dónde ubicar las estaciones.

MEDIDAS Y ESTRATEGIAS RECOMENDADAS

El ambiente de Puerto Rico es el que se beneficia de las acciones y precauciones que se tomen a su favor. Lo beneficioso o lo dañino que se haga ahora repercute tarde o temprano en el ambiente. Si bien es cierto que cada fuente de emisión por separado no es una fuente de contaminación, son todos los actos en conjunto los que pueden ayudar a recuperar la calidad del aire de Puerto Rico y del planeta.

Por tanto, es recomendable realizar ciertos cambios para proteger el aire que es un bien común de todos y que perjudica o beneficia a todos por igual. Cada uno de los ciudadanos puede:

- Utilizar el transporte público (autobús, tren, vehículo público) sobre el vehículo privado, en especial para dirigirse a las áreas de mayor congestión vehicular.
- Mantener en buen estado el motor de los vehículos, usar el combustible que cumpla con las normas de calidad y evitar mantener el motor encendido cuando no sea necesario.
- Respetar las medidas impuestas por las autoridades reguladoras y cumplir las normas de emisión exigidas.
- Evitar quemar basuras, madera o carbón, particularmente, en caso de un episodio crítico de contaminación. No quemar desechos como hojas y basura en general.
- Barrer el polvo de la calle una vez que haya mojado el suelo.
- Respetar las medidas decretadas en caso de episodios críticos de contaminación.
- Inspeccionar todos los aparatos domésticos que utilizan combustible: calentadores de agua, hornos y estufas u hornillas de gas y secadoras de gas. Todos los conductos deben estar bien conectados y en buenas condiciones y no deben estar bloqueados.
- Nunca encender el motor del carro dentro del garaje, aunque tenga la puerta abierta. El humo puede concentrarse rápidamente en el garaje o en la casa.
- Escoger aparatos domésticos que eliminen los gases de la combustión hacia el exterior de su casa. Los aparatos deben instalarse correctamente y mantenerse según las instrucciones del fabricante.
- No usar carbón dentro de su casa.
- Nunca usar aparatos con motores de gasolina (cortadoras de grama, sierras eléctricas, motores o generadores pequeños) dentro de un cuarto cerrado.
- Tratar de no sacudir el filtro de la aspiradora, muebles u otros objetos al aire libre ya que parte de ese polvo se alojará en los pulmones de las personas que están cerca.

- Utilizar energía renovable, solar y eólica.
- Implantar nueva tecnología en las industrias.

OTRAS MEDIDAS Y ESTRATEGIAS

Otras medidas y estrategias recomendadas son las siguientes:

- Mantener la vigilancia y controles a las industrias de acuerdo con la reglamentación existente.
- Estar atentos a problemas ambientales que pueden afectar o deteriorar la calidad del aire y tomar acciones inmediatas a los mismos.
- Establecer consorcios con universidades, comunidad general o regulada para realizar estudios especiales a través de acuerdos a corto o largo plazo para proteger el ambiente.
- Repavimentar las carreteras en la Zona de los Puertos y zonas aledañas, ya que están en deterioro y el incremento de movimiento de camiones por el lugar ocasiona que se levante polvo fugitivo. Esto combinado con las emisiones de los camiones afecta la calidad de aire en la zona.
- Extender el transporte colectivo (Guaguas de la AMA, Tren Urbano, Acua Expreso) a otros puntos, lo cual requiere realizar mejoras en la infraestructura.
- Promover la construcción del tren urbano hasta Caguas. El desarrollar el Tren Urbano desde Cupey hasta Caguas reduciría el tráfico vehicular en la Zona Metropolitana y fomentaría el uso del transporte colectivo. Así se beneficiarían los ciudadanos de áreas aledañas al municipio de Caguas y mejoraría la calidad del aire.
- Promover el utilizar energía renovable, solar y eólica como alternativas para reducir las emisiones generadas por la producción de energía.
- Implantar nueva tecnología en las industrias, que reduzcan las emisiones.
- Promover la utilización de combustible más refinado, cambiar a equipos de mayor eficiencia como alternativa para evitar que las industrias emitan más contaminantes al aire.
- Reforestar para proteger los suelos de la erosión que causa la acción de la lluvia y del viento. Los Árboles, además de actuar como filtro de contaminantes del aire, regulan el contenido de humedad en el suelo y protegen la biodiversidad.
- Promover el uso de transporte colectivo, la bicicleta, y el caminar.