disminuyan, sino que aumente la cantidad de cuerdas de áreas protegidas en el país. Hay países hermanos en nuestra región que tienen la distinción de estar entre las naciones del planeta que tienen los porcentajes más altos de áreas naturales protegidas.

**Área de Planificación Especial del Carso**

El DRNA produjo el Estudio del Carso del 2008 en el cual se identificó y delimitó el Área Restringida del Carso, también conocida como Área de Planificación Especial Restringida del Carso[11]. En estas áreas no se podrá efectuar actividades de extracción de materiales de la corteza terrestre para fines comerciales ni explotación comercial. El Estudio del Carso recomienda a la JP designar un Área de Planificación Especial del Carso (APE-K), con distritos de calificación especial en las Áreas Restringidas.

La Fisiografía Cársica de Puerto Rico, muestra características muy particulares, tanto en la superficie del terreno como en su extensión subterránea. Entre los rasgos superficiales más sobresalientes de esta zona se destaca la presencia de formas fisiográficas de dolinas, sumideros, uvales, zanjones, cañones y valles. Estos forman una topografía ondulada, con pendientes precipitadas hacia valles aluviales o sumideros y un extenso sistema de colinas compuesto de torres, mesetas y mogotes, entre otras. En el ámbito subterráneo se destaca la presencia de cuevas, sistemas cavernarios y ríos subterráneos. Es importante observar que el Área Restringida del Carso y la Zona Cársica, forman la Fisiografía Cársica de Puerto Rico. El Área Restringida del Carso, ubica dentro del Carso del Norte, el Carso del Sur, los lentes cársicos aislados, y las islas adyacentes de Mona, Monito y Caja de Muerto. [12]

El Área Restringida del Carso identificadas como Áreas Prioritarias de Conservación del Carso (APC-K), se proyecta sobre cuarenta y cinco (45) municipios de Puerto Rico y su superficie cubre aproximadamente unas 192,047.87 cuerdas de terreno. Cabe destacar que no toda la extensión territorial de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico está incluida en el Área Restringida del Carso.

De acuerdo a la Ley 292-1999 en esta Zona Cársica (terrenos no incluidos en los terrenos del Área Restringida del Carso) el Secretario del DRNA, deberá ofrecer alternativas para que las actividades que conlleven la extracción de materiales de la corteza terrestre con propósitos comerciales y explotación comercial puedan llevarse a cabo bajo condiciones apropiadas en las áreas de esta Zona Cársica.

---

[11] *Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico*, Ley Núm. 292 de 21 de agosto de 1999.

[12] *Plan y Reglamento Especial Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC)*, Borrador Vista Pública, DRNA y Junta de Planificación, 2013

GRÁFICA 19: MAPA PROVINCIA CALIZA DE PUERTO RICO

Fuente: USGS, DRNA, Junta de Planificación

## Análisis

El Área de Planificación Especial del Carso (APE-K) incluye aproximadamente unas 192,047.87 cuerdas, abarcando suelos de unos cuarenta y cinco (45) municipios, representando aproximadamente el 8.44% del suelo total en Puerto Rico. El área total del territorio de los municipios es de unas 1,289,538.51 cuerdas, por lo que el APE-K abarcaría aproximadamente un 14.89% del territorio municipal. Se han identificado municipios con suelos con formación caliza hasta un máximo de 77.83%, como sería el caso de Florida con aproximadamente 7,806.12 cuerdas de las 10,030.12 cuerdas de su territorio, y los que tendría un mínimo de 0.001%, como sería el caso de Cidra con aproximadamente 0.22 cuerdas de las 24,027.87 cuerdas de su territorio.

Dentro del Área Restringida del Carso, se han desarrollado rasgos topográficos de expresión superficial y subterránea particular. Estos terrenos se distinguen por una geología compuesta por rocas sedimentarias, principalmente calizas, donde predomina la infiltración de la escorrentía y el drenaje subterráneo. Por ello constituye el sistema de recarga de agua subterránea de mayor magnitud para el abastecimiento, tanto de los cuerpos subterráneos o acuíferos, así como su afloramiento en la superficie en forma de manantiales, humedales, lagunas, quebradas y ríos. De igual manera, dentro de los terrenos que comprenden el APE-K se localizan ecosistemas únicos con una gran diversidad de especies de flora y fauna.

## Benchmark

La Junta de Planificación al presente no cuenta con criterios e indicadores específicos que sirvan como mecanismos que puedan medir las tendencias ("benchmark") de los usos del suelo. En la medida que se cuente con un Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico, se podrá elaborar un sistema adecuado para la medición cualitativa y cuantitativa de los indicadores incluyendo las tendencias o estimaciones mínimas y máximas aceptadas.

**Limitaciones del Indicador**

La frecuencia y prontitud con la que se puede reconocer y calcular los cambios en el uso del suelo sigue siendo la principal limitación del indicador. La intensa labor que conlleva el reconocimiento y digitalización de los usos del suelo dificulta llevar un rastreo temprano de los cambios que ocurren sobre el terreno. Al no tener todos los municipios Planes Territoriales (PT) finalizados provoca que parte de los suelos carezcan de una clasificación adecuada. Con la eventual aprobación del Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico se contempla tener todo el territorio insular con sus debidas clasificaciones de los suelos. Entendemos, sin embargo, que los datos presentados ofrecen un cuadro lo más actualizado posible sobre la utilización del suelo en Puerto Rico para el año que cubre este informe.

**Conclusión y Recomendaciones**

Las características observadas en los diferentes elementos que componen este indicador de usos del suelo reafirman que sigue siendo una necesidad imperiosa el que se tome acción inmediata y se establezca política pública, estrategias y programas dirigidos a lograr una utilización racional y sustentable del suelo en el país. Mientras más se demore en tomar las acciones necesarias, mayor el peligro que corren los suelos no protegidos de impactarse adversamente ante el empuje del desarrollo. Es natural que el crecimiento de la población y de las actividades económicas y productivas conlleve en ocasiones una expansión de la demanda por los usos del suelo. Para evitar que esa expansión sea en forma descontrolada es necesario emplear criterios y mecanismos efectivos que aseguren un balance en el uso, de manera que no resulte en perjuicio ni de la generación actual ni de las generaciones futuras.

Debemos tener presente que la disponibilidad de terrenos en una isla como la nuestra es limitada, pues nuestra realidad geográfica y geomorfológica así lo impone. De acuerdo con los datos recopilados por la Junta de Planificación de los Planes Territoriales aprobados, las áreas desarrolladas representan alrededor de un 15.79% del total del territorio de la isla. Sin embargo, este porciento no ofrece un cuadro preciso de esas áreas, toda vez que no incluye las áreas desarrolladas en sectores rurales clasificados como SRC o SREP. Esto nos indica que no se debe perder de vista este tipo de desarrollo, porque a pasos pequeños pueden ir reduciendo gradualmente y de manera poco conspicua las áreas no desarrolladas tales como fincas, bosques y otras áreas naturales.

Finalmente, la adopción de un Plan de Uso de Terrenos resultará en un instrumento de planificación efectivo para el manejo eficiente de los suelos en Puerto Rico.

## ASUNTO: DESPERDICIOS SÓLIDOS PELIGROSOS

## Indicador: Disposición de Desperdicios Peligrosos (Tipo II)

**Descripción del Indicador**

Este indicador va dirigido a medir la cantidad de desperdicios peligrosos que se disponen en y fuera de Puerto Rico por las industrias clasificadas como Instalaciones de Tratamiento Almacenamiento y Disposición (TSD, por sus siglas en inglés). La importancia de este indicador es que podemos

determinar la capacidad que tiene la Isla para disponer de los mismos y el destino final de los desperdicios peligrosos que se disponen fuera de la Isla.

**Consideraciones Técnicas**

Los datos para el estudio y análisis de este indicador son tomados del Informe Bienal sobre Desperdicios Peligrosos publicado por la Agencia Federal de Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), los cuales son rendidos por todas las entidades en Puerto Rico clasificadas como:

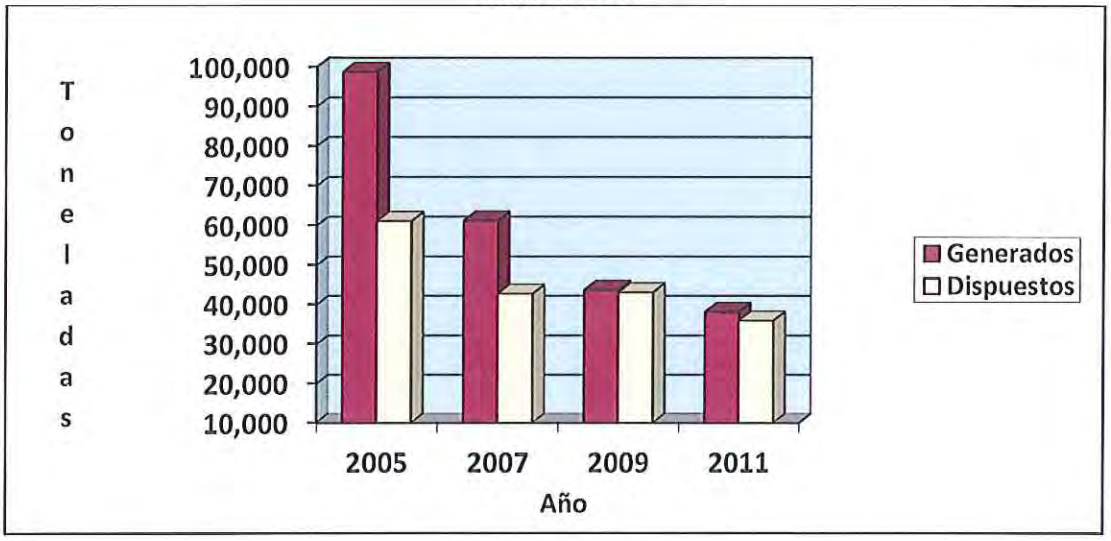
- Grandes Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan 2,200 lbs. (1,000 Kg.) o más mensuales)

- Instalaciones de Tratamiento, Almacenaje y Disposición de Desperdicios Peligrosos

El Informe Bienal recoge la cantidad, naturaleza y métodos de disposición de los desperdicios peligrosos generados o manejados en las áreas bajo la jurisdicción de la EPA y es sometido electrónicamente a ellos. Para el caso de Puerto Rico, copia de los reportes bienales son sometidos a la Junta de Calidad Ambiental cada primero de marzo de cada año par, ya que es un requisito reglamentario. Los mismos se evalúan para verificar que estén completos y verificar que hayan sido sometidos electrónicamente a la EPA. Finalmente estos reportes son consolidados por la EPA en el documento "National Biennial RCRA Hazardous Waste Report". Para los efectos de este indicador, se utilizaron de referencia los datos de los Informes Bienales sobre los Desperdicios Peligrosos de los años 2005 al 2011.

La siguiente gráfica ilustra la cantidad de desperdicios generados vs desperdicios dispuestos y/o manejados incluyendo los que son enviados fuera de Puerto Rico.

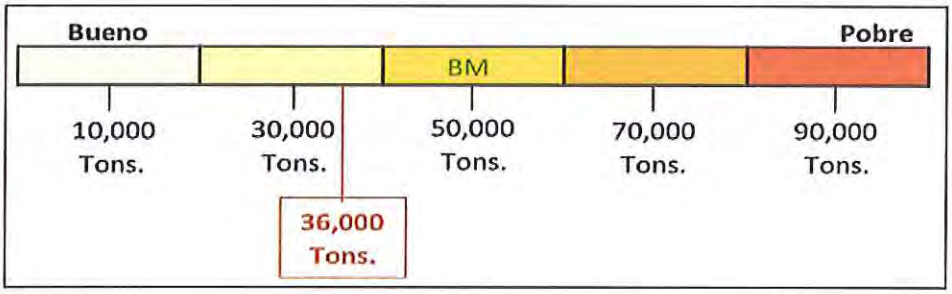
**GRÁFICA 20: DESPERDICIOS GENERADOS VS. DESPERDICIOS DISPUESTOS Y/O MANEJADOS**




Para el 2011 de un total de 38,256 toneladas de desperdicios peligrosos generados se manejaron o dispusieron fuera de la isla 36,074 para un 94% de disposición, en el 2009, de un total de 43,833

toneladas generadas se manejaron o dispusieron 43, 194 para un 97% de disposición . Esta drástica reducción con respecto a los años 2005 y 2007 en donde hay una disposición de 62%- y 70% respectivamente, puede ser producto de que la única facilidad comercial en Puerto ha disminuido considerablemente sus operaciones de manejo, por lo que las cantidades que se reportaban como dispuestas o manejadas en la isla, actualmente son transferidas por esta facilidad. Estas operaciones se consideraban un método de disposición o manejo y actualmente son las que prevalecen, por lo tanto este indicador evidencia que para el 2009 y el 2011, prácticamente todos los desperdicios peligrosos están siendo manejados fuera de la Isla.

**Benchmark** [13]




**Limitaciones del Indicador**

Entre las limitaciones de este indicador y su método de análisis se encuentra el que, al basarse en un informe bienal, no se puede presentar una secuencia anual de los datos. Por otro lado, los datos del Informe Bienal no incluyen las cantidades dispuestas por:

- Pequeños Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan entre 220 lbs. (100 Kg.) a 2,200 lbs. (1,000 Kg.) al mes)

- Generadores Condicionalmente Exentos (entidades que generan hasta 220 lbs. (100 Kg.) al mes) que manejan (disponen y/o reclaman) sus desperdicios peligrosos en compañías fuera de Puerto Rico.

A pesar de esta limitación, se debe destacar que las entidades clasificadas como Grandes Generadores y los TSD constituyen la principal y mayor fuente de manejo de los desperdicios peligrosos en Puerto Rico, por lo que los datos ofrecidos en el Informe Bienal arrojan cifras representativas para analizar este indicador.

Otra limitación que debemos indicar es que la información relacionada a los métodos de manejo se ha ido segregando de manera más específica ya que para el año 2009 se eliminaron renglones de métodos de manejo. Por otro lado, aquellos métodos de disposición identificados como tratamiento reportan la cantidad tratada la cual no necesariamente constituye disposición.

[13] Para efectos de este indicador se toma como BM la cifra redondeada de disposición para el 2005. Se escogió ese año como BM ya que cambios en el formato utilizado por la EPA imposibilitaban hacer comparaciones con Informes Bienales anteriores al 2005.

Conclusión y Recomendaciones

El comportamiento de la generación y disposición de los desperdicios peligrosos en Puerto Rico se ha visto afectado por los cambios en la reglamentación, exclusión de desperdicios de su clasificación de peligrosos, los planes efectivos de reducción de desperdicios peligrosos implementados por las compañías y hay que destacar que también por el cese de operaciones de compañías generadoras de desperdicios peligrosos.

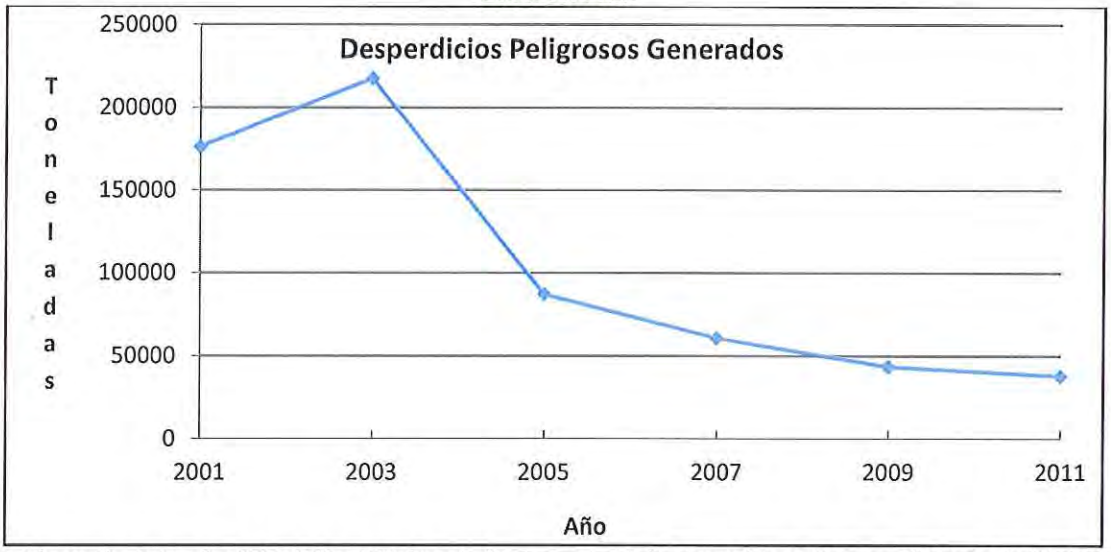
Se recomienda que las compañías clasificadas como grandes generadores de desperdicios peligrosos evalúen sus procesos de manufactura y minimicen el uso de sustancias que al momento de descartarse se conviertan en desperdicios peligrosos y que busquen alternativas de manejo que no resulten en disposición de los mismos.

## Indicador: Generación de Desperdicios Peligrosos (Tipo II)

Descripción del Indicador

Este indicador va dirigido a medir la cantidad desperdicios peligrosos (DP) que se generan en Puerto Rico por las industrias clasificadas como grandes generadores de DP. Conocer la cantidad y tendencia de generación de los DP en Puerto Rico nos ayuda a tener un entendimiento más claro sobre los patrones e intensidad de producción de los sectores industriales que manejan DP, el desenvolvimiento económico del país a nivel industrial y los posibles riesgos que pudiese encarar la ciudadanía si los DP no son manejados adecuadamente. Además, los patrones de generación que exhiban estos desperdicios son una buena herramienta para formular política pública, ponderar la necesidad de infraestructura y desarrollar o mejorar las estrategias para su adecuado manejo.

GRÁFICA 21:




*La información de los años 2007, 2009 y 2011 fue actualizada para incluir los desperdicios peligrosos recibidos por facilidades de tratamiento, almacenamiento y disposición, con la finalidad de estimar la generación de Pequeños Generadores y Generadores Condicionalmente Exentos.

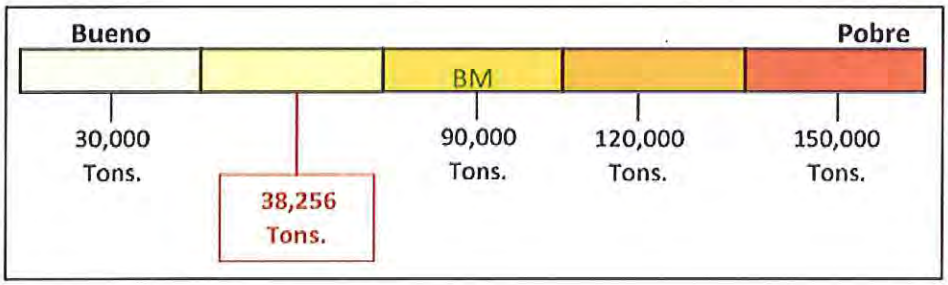
## Consideraciones Técnicas

Los datos para el estudio y análisis de este indicador fueron tomados del Informe Bienal Nacional sobre Desperdicios Peligrosos publicado por la Agencia Federal de Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), los cuales son rendidos por todas las entidades en Puerto Rico clasificadas como:

- Grandes Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan 2,200 lbs. (1,000 Kg.) o más mensuales)
- Instalaciones de Tratamiento, Almacenaje y Disposición de Desperdicios Peligrosos (TSD, por sus siglas en inglés)

El Informe Bienal recoge la cantidad, naturaleza y métodos de disposición de los desperdicios peligrosos generados o manejados en las áreas bajo la jurisdicción de la EPA. Para el caso de Puerto Rico, los datos presentados son recogidos y tabulados por la Junta de Calidad Ambiental por medio de los informes que, por requerimiento reglamentario, le son exigidos presentar cada 2 años a las entidades anteriormente descritas. Finalmente, estos informes son consolidados por la EPA en el documento "National Biennial RCRA Hazardous Waste Report". Para los efectos de este indicador, se utilizaron de referencia los datos de los Informes Bienales sobre los Desperdicios Peligrosos de los años 2001 al 2011.

## Benchmark [14]




## Limitaciones del Indicador

Entre las limitaciones de este indicador y su método de análisis se encuentra el que al basarse en un informe bienal no se puede presentar una secuencia anual de los datos. Por otro lado, los datos del Informe Bienal no incluyen las cantidades generadas por:

- Pequeños Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan entre 220 lbs. (100 Kg.) a 2,200 lbs. (1,000 Kg.) al mes)
- Generadores Condicionalmente Exentos (entidades que generan hasta 220 lbs. (100 Kg.) al mes)

[14] Para efectos de este indicador se toma como BM la cifra redondeada de generación para el 2005. Se escogió ese año como BM ya que cambios en el formato utilizado por la EPA imposibilitaban hacer comparaciones con Informes Bienales anteriores al 2005.

- Desperdicios peligrosos generados residencialmente

No obstante esta limitación, la cantidad de desperdicios peligrosos generada por Pequeños Generadores y Generadores Condicionalmente Exentos puede ser estimada ya que está incluida en la información reportada por las Facilidades de Tratamiento, Almacenamiento y Disposición que operan en la isla. Se debe destacar que las entidades clasificadas como Grandes Generadores y las Facilidades de Tratamiento, Almacenamiento y disposición constituyen la principal y mayor fuente de manejo de los desperdicios peligrosos en Puerto Rico, por lo que los datos ofrecidos en el Informe Bienal arrojan cifras representativas para analizar este indicador.

**Conclusión y Recomendaciones**

En PR los patrones de generación de desperdicios peligrosos presentan una tendencia irregular en término de volumen generado y de cuantas compañías se comportan como grandes generadores y someten el informe bienal. Hay compañías que, estando clasificadas como grandes generadores, por su comportamiento en el año 2011 no estuvieron obligadas a someter el informe y, por otro lado, pequeños generadores que por un evento fortuito sí excedieron la cantidad permitida y se vieron obligados a someter el mismo. Para el año 2009 un total de 94 compañías sometieron el informe bienal registrando una generación de 43,833 toneladas de desperdicios peligrosos. Sin embargo, para el 2011 el total de compañías que sometieron el informe fue 83, un 12% menos que para el informe anterior, y la cantidad informada de desperdicios peligrosos para el 2011 disminuyó en un 12% ya que se registraron 5,577 toneladas menos que en el 2009. Este comportamiento de generación pudiese estar afectado por los siguientes factores:

- Cambios en la reglamentación y exclusión de ciertos desperdicios de su clasificación de Desperdicios Peligrosos ("comparable fuels"); recuperación de plata (sustitución de equipo); recuperación de solventes

- Planes de reducción- los altos costos de manejo (almacenamiento, transportación y disposición) han provocado que las industrias modifiquen procesos logrando reducir la generación de los desperdicios peligrosos.

- Existen compañías con procesos específicos que, por la naturaleza del mismo, generan una gran cantidad de desperdicios peligrosos en un momento dado y no vuelve a repetirse hasta que lo ameriten necesario ( ejemplo: "sandblasting" y procesos de limpieza y/o cese de operaciones)

Además, La Junta de Calidad Ambiental adoptó mediante Resolución las siguientes Reglas: Regla de Desperdicios Universales, Nueva Definición de Desperdicio Sólido y Regla Para Manejo de Desperdicios de Laboratorios Académicos , las cuales mediante su implementación propician la disminución en la generación de desperdicios peligrosos.

Actualmente, la JCA se encuentra en el proceso de aprobación del borrador "Reglamentación propuesta para Desperdicios Universales" que excluye de la definición de desperdicio sólido peligroso las lámparas fluorescentes, equipo con contenido de mercurio, plaguicidas, y las baterías, siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en la reglamentación.

Por otro lado el cierre de compañías clasificadas como grandes generadores de desperdicios peligrosos y la disminución en producción y por consecuencia en generación de desperdicios de otras compañías, se traduce en una disminución en la generación de desperdicios peligrosos,

Entre las recomendaciones hechas a la comunidad regulada para lograr una reducción en el volumen generado de desperdicios peligrosos están; implantar planes efectivos de minimización como, por ejemplo, sustitución de productos de limpieza por productos biodegradables, reducir el inventario o compra de materia prima evitando la expiración de la misma para que no se convierta posteriormente en un desperdicio peligroso, sustitución de equipo, reclamo, recuperación y reuso de solventes y por último, y no menos importante, adiestrar al personal para que maximicen los materiales y recursos disponibles.

## Indicador: Reclamación de Desperdicios Peligrosos

**Descripción del Indicador**

Este indicador va dirigido a medir la cantidad de desperdicios peligrosos que son recuperados por medio de distintas tecnologías. La importancia radica en que podemos evidenciar que mediante un manejo adecuado podemos reciclar o reclamar desperdicios peligrosos en lugar de disponerlos. Un ejemplo de esto es la recuperación de metales, mezcla de combustibles para generación de energía, re-uso de alcohol por grado de pureza y unidades de tratamiento permitidas.

**Consideraciones Técnicas**

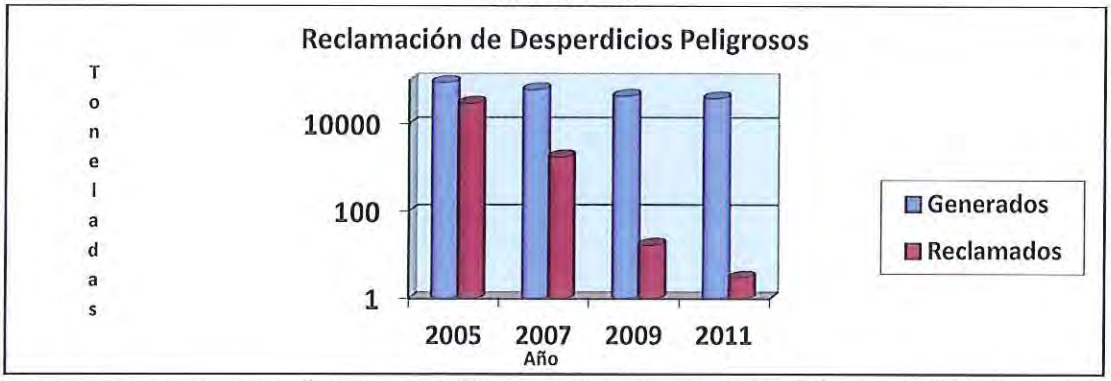
Los datos para el estudio y análisis de este indicador fueron tomados del Informe Bienal Nacional sobre Desperdicios Peligrosos publicado por la Agencia Federal de Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), los cuales son rendidos por todas las entidades en Puerto Rico clasificadas como:

- Grandes Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan 2,200 lbs. (1,000 Kg.) o más mensuales.

- Instalaciones de Tratamiento, Almacenaje y Disposición de Desperdicios Peligrosos (TSD, por sus siglas en inglés).

El Informe Bienal recoge la cantidad, naturaleza y métodos de disposición de los desperdicios peligrosos generados o manejados en las áreas bajo la jurisdicción de la EPA y es sometido electrónicamente a ellos. Para el caso de Puerto Rico, copia de los reportes bienales son sometidos a la Junta de Calidad Ambiental cada primero de marzo de cada año par, ya que es un requisito reglamentario. Los mismos se evalúan para verificar que estén completos y verificar que hayan sido sometidos electrónicamente a la EPA. Finalmente estos reportes son consolidados por la EPA en el documento "National Biennial RCRA Hazardous Waste Report".

GRÁFICA 22:



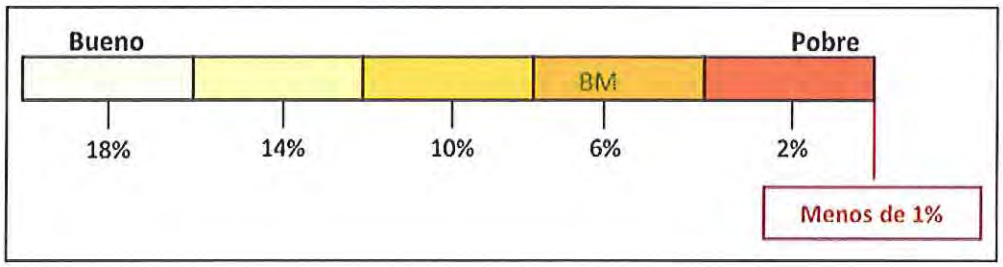

Para los efectos de este indicador, se utilizó de referencia los datos del Informe Bienal sobre los Desperdicios Peligrosos de la EPA de los años 2005, 2007, 2009 y 2011. Para el año 2005, de las 87,501 toneladas generadas fueron reclamadas 29,378 para un 34% de reclamo, para el 2007 de 60,041 se reclamaron 1,746 para un 3% de reclamo. Sin embargo, para 2009 de 42,996 se reclamaron 17 y para el 2011 de las 38,256 toneladas generadas de desperdicios peligrosos se reclamaron solamente 3 toneladas para un reclamo menor al 1% en ambos periodos.

Este comportamiento de generación y reclamación pudo estar afectado por los siguientes factores:

- Planes de reducción - los altos costos de manejo (almacenamiento, transportación y disposición) han provocado que las industrias modifiquen procesos logrando reducir la generación de los desperdicios peligrosos.

- Compañías que tenían unidades de reclamo y recuperación de solventes y mezcla de combustibles ( fuel blending) y/o recuperación de energía cerraron estas unidades de manejo: Ej: Safety Kleen

**Benchmark** [15]




**Limitaciones del Indicador**

Entre las limitaciones de este indicador y su método de análisis se encuentra el que, al basarse en un informe bienal, no se puede presentar una secuencia anual de los datos. Por otro lado, los datos del Informe Bienal no incluyen las cantidades reclamadas por:

[15] Para efectos de este indicador se toma como BM la cifra porcentual de reclamación para el 2005. Se escogió ese año como BM ya que cambios en el formato utilizado por la EPA imposibilitaban hacer comparaciones con Informes Bienales anteriores al 2005.

- Pequeños Generadores de Desperdicios Peligrosos: entidades que generan entre 220 lbs. (100 Kg.) a 2,200 lbs. (1,000 Kg.) al mes.

- Generadores Condicionalmente Exentos: entidades que generan hasta 220 lbs. (100 Kg.) al mes, que utilizan facilidades fuera de Puerto Rico para el manejo de sus desperdicios peligrosos.

No obstante esta limitación, la cantidad de desperdicios peligrosos generada por Pequeños Generadores y Generadores Condicionalmente Exentos puede ser estimada ya que es manejada o dispuesta por las Facilidades de Tratamiento, Almacenamiento y Disposición que operan en la isla. Se debe destacar que las entidades clasificadas como Grandes Generadores y las Instalaciones de Tratamiento, Almacenamiento y disposición constituyen la principal y mayor fuente de manejo de los desperdicios peligrosos en Puerto Rico, por lo que los datos ofrecidos en el Informe Bienal arrojan cifras representativas para analizar este indicador.

Otra limitación que debemos indicar es que los métodos de manejo se han ido segregando de manera más específica ya que para el año 2007 estaba identificado como reclamación los renglones de recuperación de solventes, mezcla de solventes y mezcla de combustibles para recobro de energía (*fuel blending*), estabilización y tratamiento orgánico acuoso, mientras que para el 2009 se eliminaron los renglones de estabilización y tratamiento orgánico acuoso y finalmente, debemos destacar que al cesar las operaciones de reclamo de la única instalación comercial ( Safety Kleen), la mezcla de combustibles para recobro de energía *( fuel blending*) y la recuperación de solventes son prácticamente nulas.

**Conclusión y Recomendaciones**

El por ciento de los desperdicios peligrosos reclamados en la isla ha bajado considerablemente debido a que la única facilidad comercial permitida ha disminuido sus operaciones de manejo y/o reclamo. De la información disponible, se desprende que actualmente las operaciones de manejo y/o reclamo de desperdicios peligrosos a nivel comercial consiste en almacenamiento y transferencia por lo que la mayoría de estos desperdicios se envían fuera de la isla. Es necesario que compañías generadoras de desperdicios peligrosos en Puerto Rico, independientemente de su clasificación, evalúen alternativas costo efectivas para reducir la generación de los mismos.

## ASUNTO: CALIDAD DEL AIRE
## Indicador: Índice de Calidad de Aire (Tipo I)

**Descripción del Indicador**

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 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 represente el nivel que refleja 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.

El conjunto de posibles valores del índice de calidad del aire se divide en seis categorías, que definen los estados de calidad de aire. Estos son: bueno, moderado, insalubre para grupo sensitivo, 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 son verdes, amarillos, anaranjados, rojos, morados y marrones; 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 | AMARILLO | ANARANJADO | ROJO | MORADO | MARRÓN |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-50 | 51-100 | 101-150 | 151-200 | 201-300 | 300 O más |

## Consideraciones Técnicas

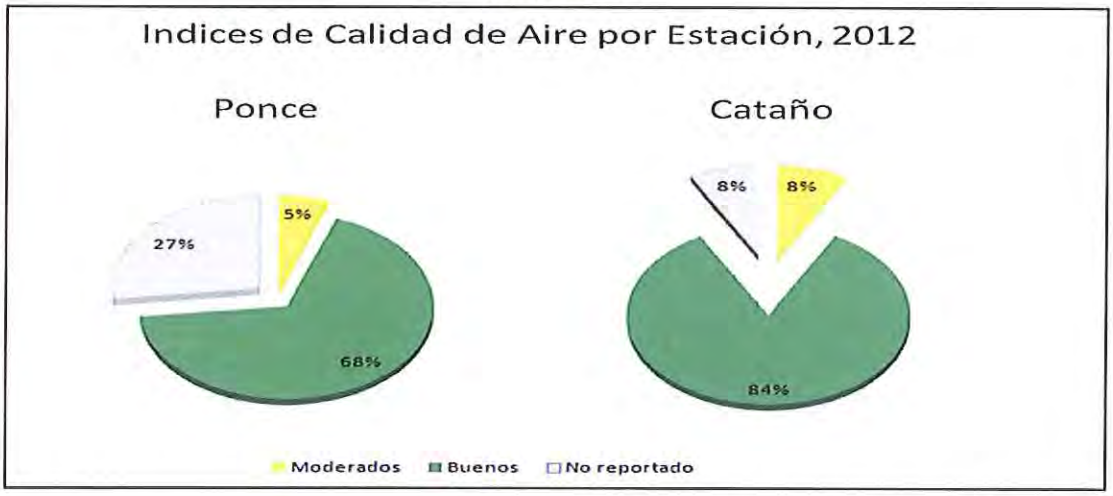
Actualmente en Puerto Rico, se mide la contaminación de $PM_{10}$ en forma continua en dos áreas en Cataño y en Ponce. Se utilizan los resultados para realizar el cálculo del Índice de la Calidad del Aire, llamado AQI. Los resultados de las estaciones indican la calidad del aire que es representativa del área de influencia de cada estación. Esta información y el estado de la calidad del aire es publicada a la ciudadanía a través de la página electrónica de la JCA para proteger la salud de los habitantes de Puerto Rico.

## Método y Análisis de Cobertura

El Índice de Calidad de Aire debe incluir la zona, periodo, contaminante e índice. Cuando el índice está por encima de 100, es muy importante ofrecer información del estado crítico en el cual se encuentra el ambiente en ese momento.

Si se observa el gráfico en el recuadro, para el área de Cataño de los días que la JCA reportó AQI, un 84% fueron de categoría buena y un 8% de categoría moderada. Mientras en el área de Ponce, un 68% fueron de categoría buena y un 5% de categoría moderada.

**GRÁFICA 23:**




Similar a años anteriores en el 2012, 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.

GRÁFICA 24:

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.

## Indicador: Concentración de Contaminantes Criterios (Tipo I)

**Descripción del Indicador**

Para minimizar los riesgos asociados a contaminación ambiental, el Estado Libre Asociado de Puerto Rico, a través de la Junta de Calidad Ambiental estableció la red de monitoreo de aire para mejorar las acciones de vigilancia, control y prevención. La red tiene como objetivo principal determinar la concentración representativa de los principales contaminantes del aire, fundamentalmente en las zonas donde la densidad de población es mayor y donde existe mayor concentración de emisiones de contaminantes de acuerdo al desarrollo industrial y económico de Puerto Rico.

Lo que caracteriza a una red de monitoreo es que:

- Incluye un número de estaciones suficientes para determinar la calidad del aire de la zona en estudio.
- Los datos obtenidos son analizados con criterios similares de calidad.
- Los resultados son comparables a lo largo del tiempo.
- Se realizan registros sistemáticos de los resultados obtenidos.
- El monitoreo de los contaminantes a estudiar utiliza técnicas analíticas acorde con los niveles de concentración presentes.
- Los resultados son comunicados periódicamente.

El proceso de evaluación de la calidad del aire deberá entenderse como el diagnóstico y reporte de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Dicha evaluación se sirve del monitoreo, que es la recolección de muestras en diferentes estaciones o sitios, y a intervalos regulares de tiempo, con el objeto de proporcionar los datos que analizados permitirán establecer los patrones y tendencias de la contaminación ambiental utilizando técnicas o criterios específicos. Los procesos de monitoreo, investigación y vigilancia se basan en la recolección de datos de campo y laboratorio y en su análisis y evaluación. Los datos se obtienen en sitios geográficos, caracterizados por la fecha que se obtuvieron las muestras.

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 ($SO_2$), Ozono y Bióxido de Nitrógeno ($NO_2$). 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 según la reglamentación ambiental y los cambios en la ley. Estos cambios ocasionan establecer nuevas estaciones o eliminar otras. Además, se ha incorporado tecnología y equipo atemperado con el tiempo.

Actualmente, la JCA posee equipos continuos e intermitentes, algunos con conexión remota, y otros con intérvalos de frecuencia variada de acuerdo al parámetro. Para analizar $SO_2$, CO, Ozono y $NO_2$ se utiliza muestreo continuo. Para $PM_{10}$ 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.

En el 2012, la red de muestreo de aire se compone de 40 monitores. De los cuales, 7 analizan $PM_{10}$, 13 $PM_{2.5}$, 3 CO, 2 NOx, 5 $SO_2$, 4 TSP Plomo, 4 SO4 y 2 de $O_3$. El mapa a continuación detalla la ubicación de los mismos.

## Consideraciones Técnicas

La Red de Muestreo de Aire de la Junta de Calidad Ambiental cuenta con equipos sofisticados y utilizan el método de referencia federal para la colección de concentraciones de contaminantes criterio como el monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno, ozono, bióxido de azufre y particulado.

Las estaciones de muestreo de aire continuas capturan las concentraciones mediante equipos especializados para este fin y tienen la particularidad de analizar y recopilar datos cada 5 minutos de forma automática. La información es almacenada en los *microloggers* con una programación particular para cada uno de los parámetros. Para accesar la información almacenada se puede hacer

de dos maneras, por comunicación por remoto o ser transferida a un módulo. La ventaja de este tipo de equipo es que permite accesar la información en cualquier momento por remoto y presentar los datos en tiempo real, según el método de comunicación disponible.

**GRÁFICA 25:**

## Método de Análisis y Cobertura

Para el 1979, se desarrolla el programa de muestreo de aire nacional con el propósito de regular los contaminantes criterios, para los cuales la EPA estableció Normas Nacionales de Calidad de Aire bajo la Ley de Aire Limpio. Estas normas expresan a largo plazo, valores de promedios anuales y, a corto plazo, valores de promedios de 24, 8, y 1 hora, lo cual establece el método y frecuencia del muestreo.

### Bióxido de Nitrógeno ($NO_2$)

El Bióxido de Nitrógeno es un gas de color rojo que irrita los pulmones y 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 reduciendo la cantidad de oxígeno en los cuerpos de agua transformando el ambiente en uno no viable para seres vivos.

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

La Agencia cuenta con una estación para el muestreo de este contaminante una ubicada en Cataño. El equipo utilizado para medir bióxido de nitrógeno se conoce como TECO 42i Por razones técnicas solo se observan los datos del 2012.

La Norma establecida para este contaminante es 100ppb en Promedio de 1 hora y 53ppb para el Promedio Anual. Para establecer cumplimiento con estas Normas se debe observar el promedio de tres años consecutivos del Percentil 98 del promedio de 1 hora y el Promedio Anual. Los resultados que se observaron para el 2012 de 6,988 observaciones son un Percentil 98 de 60.0ppb y Promedio Anual de 19.82ppb redondeado a 20.0ppb.

Ozono ($O_3$)

El Ozono se encuentra en la atmósfera y estratosfera como capa protectora contra los rayos ultravioleta. A nivel de superficie 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.

Es un gas irritante que afecta las vías respiratorias y mucosas, 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, dolor de cabeza y afecta la función pulmonar.

La Junta de Calidad Ambiental mantiene dos estaciones de muestreo continuo para ozono. Una ubicada en Cataño y otra en Juncos. La colección de ozono se realiza mediante un analizador fotométrico. Este equipo determina la concentración de ozono midiendo la atenuación de luz debido al ozono en la célula de absorción, a un largo de onda de 254 nm. La concentración de ozono está relacionada a la magnitud de atenuación. Los gases de referencia pasando en la celda de absorción establecen una intensidad de luz cero. El solenoide la desvía y la muestra de gas pasa a través de la celda de absorción para establecer una muestra de la intensidad de la luz. El radio de estas dos lecturas es una medida de luz absorbida por el ozono en la muestra a 254nm. Está directamente relacionado a la concentración del ozono en la muestra a través de la Ley BEER-Lambert.

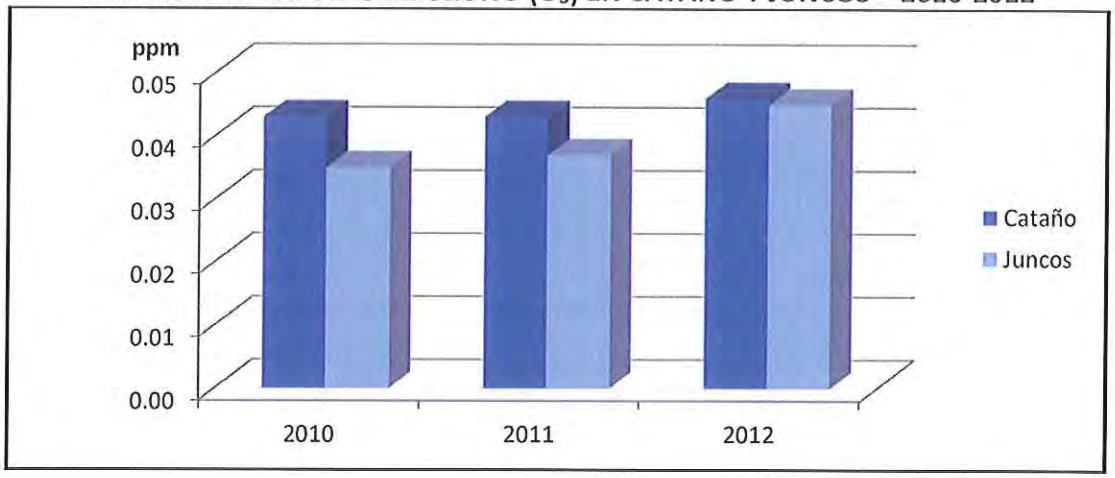
La Norma establecida en el 2008 es de 0.075ppm para el promedio de 8 horas. No obstante, los científicos continúan en el estudio sobre los efectos a la salud y al medio ambiente por este contaminante y crear un límite más fuerte entre 0.060 y 0.070ppm. Para establecer cumplimiento el valor designado se determina al observar la cuarta máxima del promedio de 8 horas y calcular el promedio de tres años consecutivos. A continuación los valores observados:

TABLA 20: VALORES DE OZONO ($O_3$) EN CATAÑO Y JUNCOS – 2010-2012

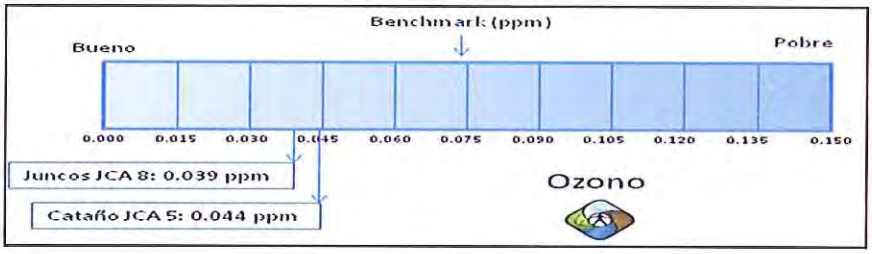
| Periodo | Cataño 4ta. Max. 8 horas (ppm) | Juncos 4ta. Max. 8 horas(ppm) |
|---|---|---|
| 2010 | .043 | .035 |
| 2011 | .043 | .037 |
| 2012 | .046 | .045 |
| **Promedio 3 años** | **.044** | **.039** |

Según los valores obtenidos se cumple con la Norma Nacional establecida de 0.075ppm.

GRÁFICA 26: VALORES DE OZONO ($O_3$) EN CATAÑO Y JUNCOS – 2010-2012




**Benchmark Ozono (0.075 ppm)**




Materia Particulada

El material particulado 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 revisó y estableció en diciembre 14 de 2012 Normas Primarias y Secundarias Nacionales de Calidad de Aire más estrictas. Materia particulada $PM_{2.5}$ para la Norma Primaria Anual es de 12µg/m$^3$ y la secundaria es 15µg/m$^3$ y la Norma primaria y secundaria para el promedio de 24 horas es de 35µg/m$^3$ al calcular el promedio de tres años del Percentil 98. Para el particulado $PM_{10}$ la Norma establecida para el promedio de 24 horas es de 150µg/m$^3$. Numerosos estudios científicos han provisto evidencia de que el material particulado en el aire está asociado con el incremento de mortalidad diaria.

### Materia Particulada ($PM_{10}$)

La Agencia mantiene dos estaciones de muestreo continuo para este contaminante. Una está ubicada en Las Vegas, Cataño que sirve como Índice de Calidad de Aire para el área Norte. Otra en Ponce para medir $PM_{10}$ y reportar a la ciudadanía sobre la calidad del aire en la zona sur de la Isla.

Solo se presentan las concentraciones observadas en la estación de Cataño ya que Ponce comenzó a finales del 2011 y para poder calcular y comparar con las Normas Nacionales debe de tener tres años de observaciones.

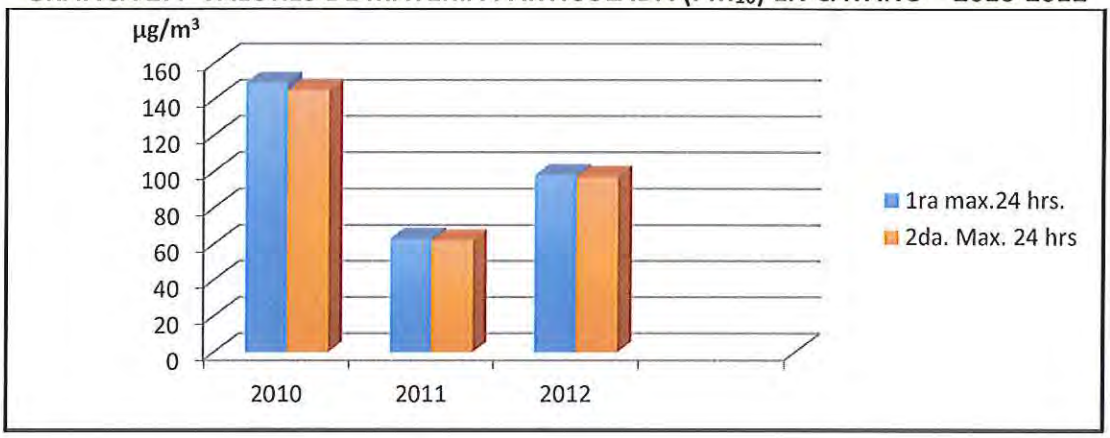
Los valores adquiridos de primera y segunda máxima en Cataño durante el periodo 2010-2012 aparecen a continuación:

**TABLA 21: VALORES DE MATERIA PARTICULADA ($PM_{10}$) EN CATAÑO – 2010-2012**

| Año | 1ra Max. 24 horas µg/m³ | 2da. Max. 24 horas µg/m³ |
|---|---|---|
| 2010 | 149 | 145 |
| 2011 | 63 | 62 |
| 2012 | 98 | 97 |
| **Promedio ⇨** | **103** | **101** |

Según los valores obtenidos no se exceden las Normas Nacionales de Calidad de Aire establecidas.

**GRÁFICA 27: VALORES DE MATERIA PARTICULADA ($PM_{10}$) EN CATAÑO – 2010-2012**




La JCA cuenta actualmente con 5 estaciones fijas de muestreo atmosférico intermitente de PM10: una en la Región de Ponce, una en la Región de Guayama, una en la Región de Humacao y dos en la Región de San Juan. Las estaciones ubicadas en Guaynabo tienen como objetivo el de identificar si el área cumple con las normas establecidas ya que en un tiempo se consideraba Área de No Logro Moderado, quiere decir que en algún periodo no cumplió con la norma y fue sometida a limitaciones, mitigación y estrategias para lograr ser un área con una calidad de aire aceptada. Los datos de Fajardo se utilizan como trasfondo y para conocer el impacto al recibir el polvo del Desierto del Sahara cada año. Y finalmente Ponce por su acelerado desarrollo urbano.

A continuación se presenta el análisis de los últimos tres años (2010-2012) de los datos obtenidos de $PM_{10}$, con el propósito del cumplimiento con la Norma Nacional.

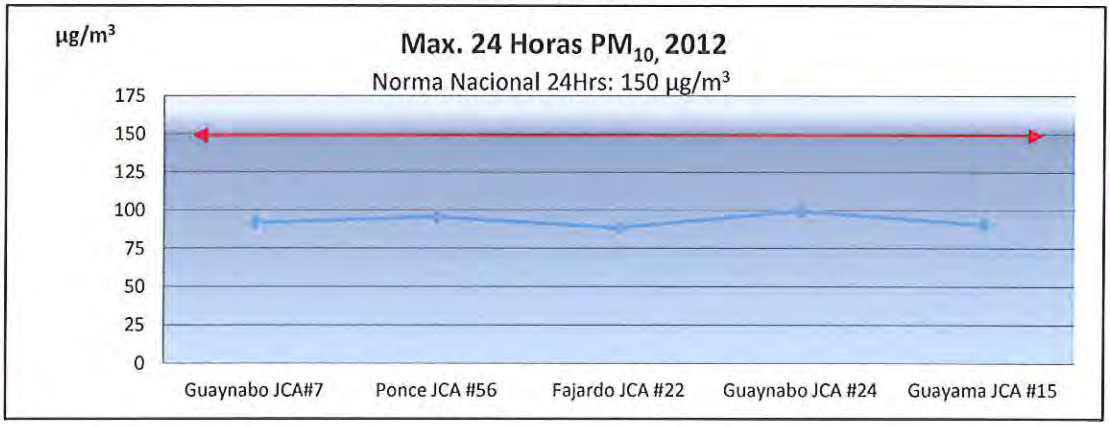
El $PM_{10}$ son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con un tamaño hasta 10 micrones, estas son el polvo, hollín, etc. Los mismos son producto de fuentes como vehículos de motor, incineración, fertilizantes y pesticidas, construcción, quema agrícola y procesos industriales. La exposición a este contaminante puede causar irritación de ojos, nariz y garganta, síntomas de asma.

El instrumento utilizado para medir $PM_{10}$ es el *Hi-Volume Size Selective Inlet (SSI)*, que recoge partículas suspendidas hasta con un diámetro igual o menor de 10 micrones y utiliza un filtro inerte de cuarzo.

El promedio máximo anual de 24-hr para las diferentes regiones durante los últimos tres años es: Región de Ponce 96 µg/m³, Región de San Juan 100 µg/m³, Región de Humacao 89 µg/m³ y Región de Guayama 91 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 150 µg/m³.

Como se puede observar en la gráfica, la región que registró las concentraciones más altas fue la de Guaynabo, con una máxima de 24-hrs de 100 µg/m³, seguida de la región de Ponce con 96 µg/m³.

**GRÁFICA 28:**




La región de San Juan está compuesta por varios municipios en los que se ubican dos estaciones, específicamente en el municipio de Guaynabo.

La estación JCA #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 de los últimos diez años que se registró para 24 horas fue de 134 µg/m³ (año 2010). De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado de 24 horas de esta estación para el 2012 fue de 92 µg/m³.

La estación JCA #24 está ubicada en la subestación de la Autoridad de Energía Eléctrica en Guaynabo y monitorea diariamente. La concentración máxima de los últimos diez años se registró en el 2010 con 143 µg/m³, el 100% de datos cumple con la norma establecida para 24 horas. El valor designado de 24 horas de esta estación para el 2012 fue de 100 µg/m³.

En la región de Ponce está compuesta por varios municipios y la JCA ubica una estación para $PM_{10}$. La estación JCA #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.

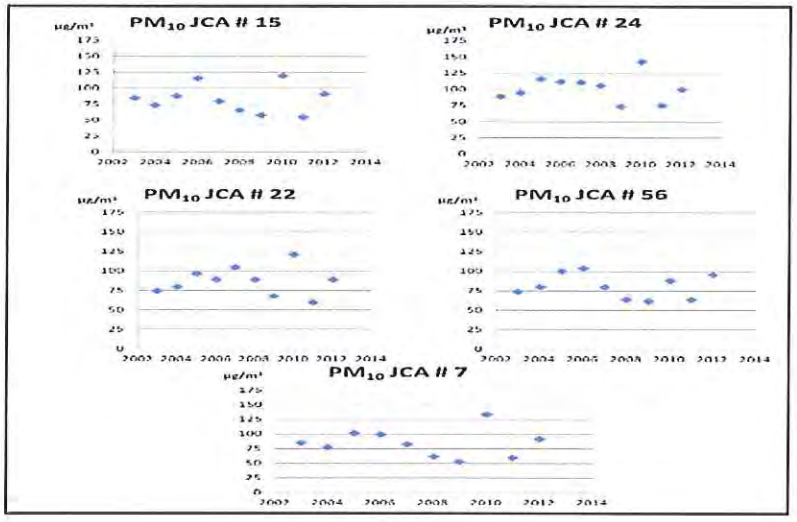
La concentración más alta para los últimos diez años para 24 horas se registró en el 2006. Fue de 104 µg/m³. El 100% de datos cumple con la norma establecida para 24 horas. El valor designado de 24 horas para 2012 es de 96 µg/m³.

La región de Humacao está compuesta por varios municipios donde se encuentran ubicada una estación JCA #22 en Fajardo. La estación 22, ubicada en el Faro de Fajardo, toma muestras diariamente y su propósito es de trasfondo. Su concentración máxima para 24 horas en los últimos diez años fue de 121 µg/m³ en el 2005. El 100% de los datos cumplen con la norma establecida. El valor designado de 24 horas del 2012 es de 89 µg/m³.

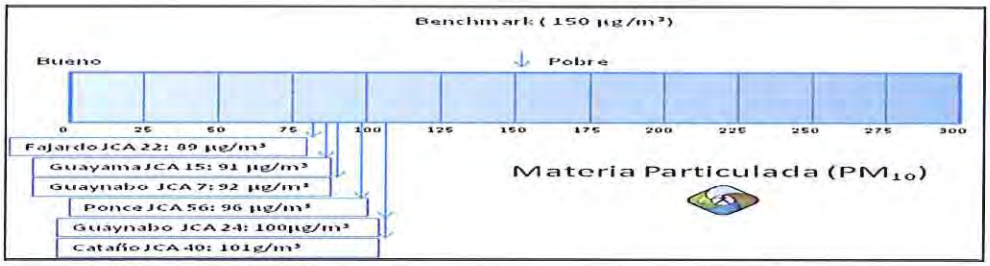
La región de Guayama está compuesta por varios municipios donde se encuentra ubicada la estación JCA #15 en Guayama. La estación JCA #15 se encuentra ubicada en el Barrio Jobos en Guayama y se instaló con el propósito de proteger a la población. Esta toma muestras cada tres días. Su concentración máxima para 24 horas en los últimos diez años fue de 120 µg/m³ en el 2010. El 100% de los datos cumplen con la norma establecida. El valor designado de 24 horas del 2012 es de 91 µg/m³.

**GRÁFICA 29:**

Estaciones de la JCA para $Pm_{10}$ por Años



Benchmark $PM_{10}$ (150 µg/m³)




**Materia Particulada ($PM_{2.5}$)**

Para el contaminante $PM_{2.5}$ existen tres estaciones de muestreo continuo. Están ubicadas en Barceloneta, Cataño y Caguas. Para la colección de particulado se utiliza el TEOM, las partículas entran y 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 *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 para obtener una concentración de masa total más precisa en promedios de 30 minutos y una hora.

Por el tipo de instrumento que se utiliza para recolectar estas concentraciones no es un contaminante criterio, pero la información es un recurso para el informe del Índice de Calidad de aire o para evaluar y comparar con otras estaciones que muestrean este mismo contaminante.

Al obtener los valores del promedio anual se observa lo siguiente:

TABLA 22: PROMEDIO ANUAL $PM_{2.5}$ – 2010-2012

| | 2010 | | 2011 | | 2012 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Promedio Anual | 1ra Max. 24 horas | Promedio Anual | 1ra Max. 24 horas | Promedio Anual | 1ra Max. 24 horas |
| Barceloneta | 5.8 | 52.6 | 5.2 | 17.3 | 6.9 | 31.0 |
| Cataño | - - - | - - - | 7.0 | 24.6 | 8.6 | 31.6 |
| Caguas | 5.8 | 28.2 | 5.1 | 16.1 | 3.9 | 20.5 |

Aunque no es un instrumento de referencia para determinar cumplimiento con las Normas Nacionales podemos observar que los valores se acercan a estos límites. Hay que considerar que los valores se afectaron por eventos naturales como es el polvo del Desierto del Sahara.

Este particulado tiene un tamaño menor o igual a 2.5 micrones más asociado al incremento de hospitalización por efectos al corazón y pulmones, disminuye el funcionamiento de estos así como muerte prematura.

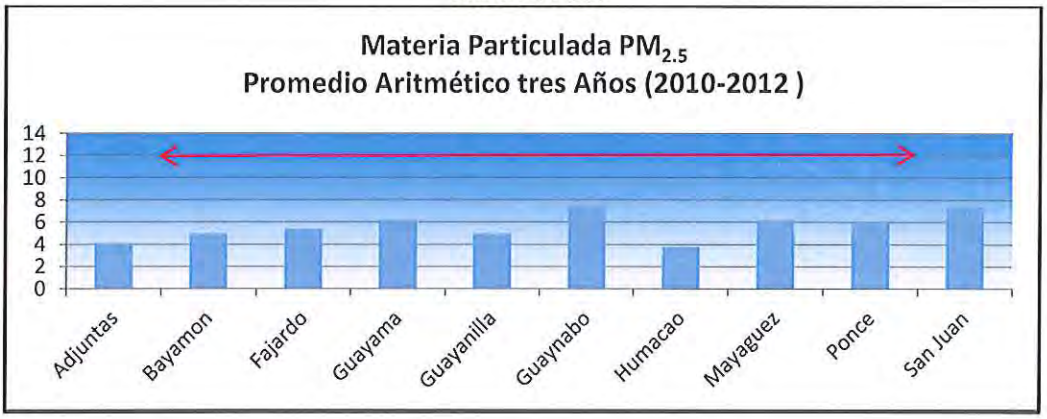
El método utilizado para este contaminante es igual que el utilizado en el muestreo intermitente de $PM_{10}$ con la diferencia de que el tamaño a muestrearse es de 2.5 micrones o menos y luego que las partículas caen en el filtro, este se recoge y se conserva a una temperatura de menos de 4°C para realizarle un análisis más profundo.

| TABLA 23: PROMEDIOS ANUAL ARITMÉTICOS MATERIA PARTICULADA $PM_{2.5}$ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Estación** | **2010** | **2011** | **2012** | **Promedio ($\mu g/m^3$)** |
| Adjuntas #13 | 4.4 | 3.7 | 4.3 | **4.1** |
| Bayamón #63 | * | 4.5 | 5.5 | **5.0** |
| Fajardo #22 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | **5.4** |
| Guayama #15 | 6.2 | 6.1 | 6.3 | **6.2** |
| Guayanilla #57 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | **5.0** |
| Guaynabo #24 | 7.3 | 7.3 | 7.5 | **7.4** |
| Humacao #53 | 3.6 | 3.4 | 4.3 | **3.8** |
| Mayagüez #59 | * | 6.2 | 6.2 | **6.2** |
| Ponce #56 | 5.9 | 5.8 | 6.2 | **6.0** |
| San Juan #30 | 6.9 | 7.3 | 7.9 | **7.4** |

La Agencia opera al presente diez estaciones de muestreo $PM_{2.5}$. La ubicación para estas diez estaciones son Fajardo, Guayama, Guaynabo, Mayagüez, San Juan, Guayanilla, Humacao, Bayamón, Adjuntas y Ponce. Todas las estaciones de $PM_{2.5}$ muestrean cada tres días. Para el contaminante $PM_{2.5}$ hay establecidas dos normas nacionales, una que es el promedio aritmético anual (12 $\mu g/m^3$) y el promedio máximo de 24 horas (35 $\mu g/m^3$), ambas son normas primarias.

De acuerdo con los resultados el promedio aritmético anual más alto por estación durante los últimos tres años se registró en Guaynabo (7.4 $\mu g/m^3$,), San Juan (7.4 $\mu g/m^3$), Mayagüez (6.2 $\mu g/m^3$) y Ponce (6.0 $\mu g/m^3$), todas por debajo de la norma nacional que es 12.0 $\mu g/m^3$. Se puede concluir que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional de primaria para $PM_{2.5}$.

**GRÁFICA 30:**




- La estación JCA #13 está localizada en el municipio de Adjuntas. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 6.4 $\mu g/m^3$ y fue en el 2007. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 4.1 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #63 está localizada en el municipio de Bayamón. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 6.7 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 5.0 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #22 está localizada en el municipio de Fajardo. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 5.4 $\mu g/m^3$ y fue en el 2011. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 5.4 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #15 está localizada en el municipio de Guayama. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 6.4 $\mu g/m^3$ y fue en el 2007. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 6.2 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #57 está localizada en el municipio de Guayanilla. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 7.1 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 5.0 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #24 está localizada en el municipio de Guaynabo. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 9.3 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 7.4 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #53 está localizada en el municipio de Humacao. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 5.3 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 3.8 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #59 está localizada en el municipio de Mayagüez. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 8.6 $\mu g/m^3$ y fue en el 2009. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 6.2 $\mu g/m^3$.

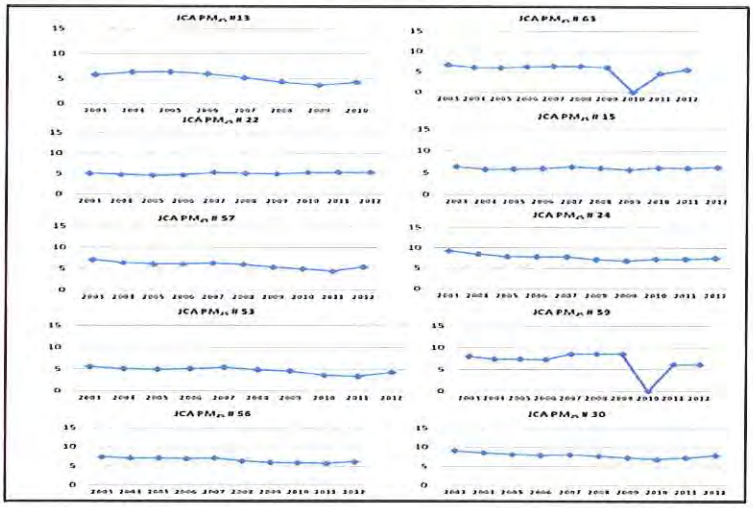
- La estación JCA #56 está localizada en el municipio de Ponce. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 7.4 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 6.0 $\mu g/m^3$.

- La estación JCA #30está localizada en el municipio de San Juan. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 9.1 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2012 fue de 7.4 $\mu g/m^3$.

En general, de acuerdo con los datos recolectados se observa que los niveles de particulado $PM_{2.5}$ muestran una tendencia en los últimos diez años de disminución. La gran mayoría de las estaciones

registraron sus valores máximos en el 2003. El grafico a continuación muestra la tendencia por estación de los últimos diez años de datos para $PM_{2.5}$.

**GRÁFICA 31: TENDENCIA DE PM 2.5 POR ESTACIÓN**

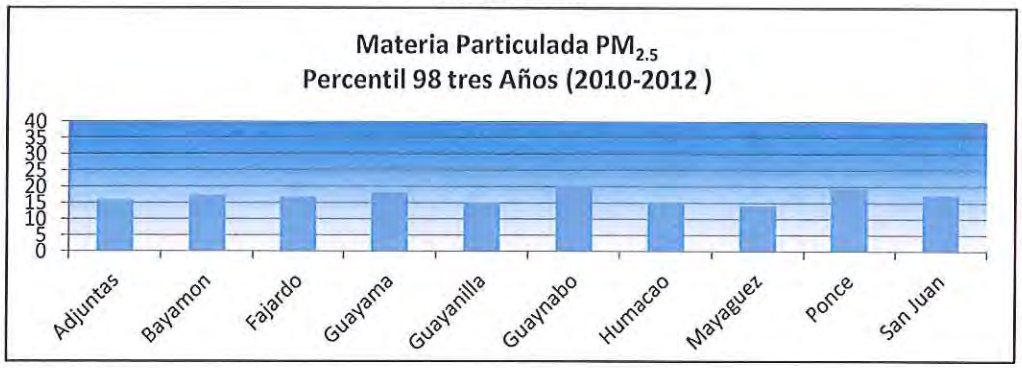


De acuerdo con los resultados el promedio máximo de las máximas anuales de promedios de 24-horas por estación durante los últimos tres años se registró en Guaynabo (20.0 µg/m³), Ponce (19.5 µg/m³), Guayama (18.2 µg/m³) y San Juan (17.3 µg/m³), todas por debajo de la norma nacional que es 35.0 µg/m³. Se puede concluir que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional de primaria para $PM_{2.5}$.

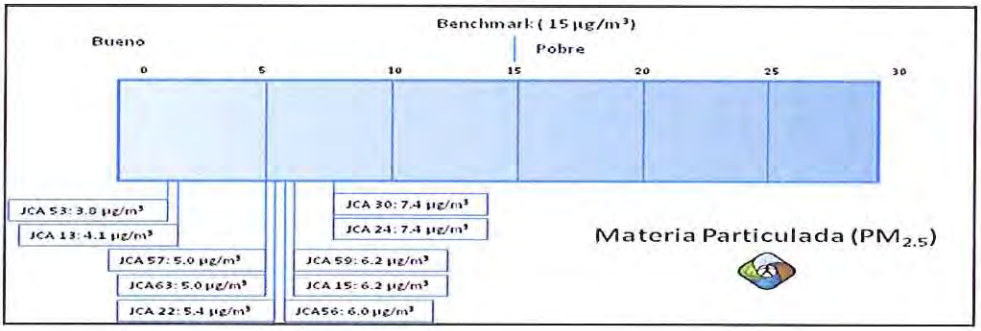
**TABLA 24: PERCENTIL 98**
**MATERIA PARTICULADA $PM_{2.5}$**

| Estación | 2010 | 2011 | 2012 | Promedio (µg/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Adjuntas | * | 13.0 | 18.9 | 16.0 |
| Bayamón | * | 17.2 | 17.6 | **17.4** |
| Fajardo | 21.2 | 13.5 | 16.0 | **16.9** |
| Guayama | 24.2 | 13.7 | 16.6 | **18.2** |
| Guayanilla | * | 11.8 | 18.6 | **15.2** |
| Guaynabo | 28.0 | 13.7 | 18.2 | **20.0** |
| Humacao | * | 14.3 | 16.4 | **15.4** |
| Mayagüez | * | 12.5 | 15.8 | **14.2** |
| Ponce | 25.1 | 14.5 | 19.0 | **19.5** |
| San Juan | * | 16.8 | 17.8 | **17.3** |

GRÁFICA 32:




Benchmark $PM_{2.5}$ ( 15 µg/m³)




Monóxido de Carbono (CO)

El Monóxido de Carbono es un gas inodoro e incoloro que al inhalarse sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones puede producir mareos, dolor de cabeza y fatiga. En concentraciones mayores puede ser mortal.

Este gas se produce como resultado de la combustión incompleta de combustibles en base a carbono, tales como la gasolina, el petróleo y el carbón. Además, de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos. Es bien común encontrarlo en concentraciones elevadas en lugares cerrados, como estacionamientos cerrados y túneles mal ventilados. Incluso en lugares de congestión vehicular.

La Junta de Calidad Ambiental mantiene estaciones de muestreo en áreas como Bayamón, Ponce y San Juan. Para el muestreo de monóxido de carbono se utiliza el *Termo-Electron (TECO 48) Non Dispersive Infrared,* que utiliza la técnica de *Gas Filter Correlation Spectroscopy (GFC).* La misma compara el espectro de absorción infrarroja del gas que se mide contra otros gases presentes en la muestra. Se filtra la radiación infrarroja transmitida por el analizador mediante una muestra con una concentración alta del gas que se mide.

Para este análisis se consideraron los resultados obtenidos durante los años de 2010 al 2012. La Norma Nacional para Monóxido de Carbono es 9 ppm para promedio de 8 horas y 35ppm para promedio de 1 hora. Para determinar si se cumple con la Norma establecida se debe observar la

segunda máxima de 1 hora y 8 horas de cada estación ubicada. De haber más de una en una misma área se considera el valor más alto que representara esa área en particular.

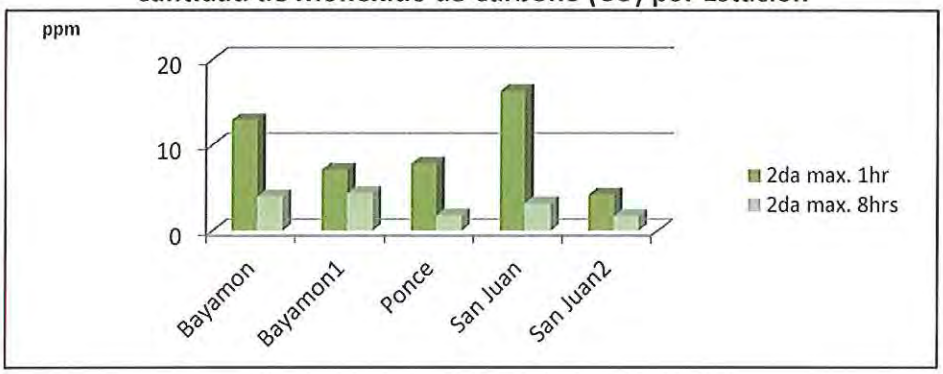
| TABLA 25: Lectura de Monóxido de Carbono(CO) por Estación | | | |
|---|---|---|---|
| **Municipio** | **Observaciones** | **2da Máx. 1 hora ppm** | **2da Máx. 8 horas ppm** |
| Bayamón | 8,526 | 12.9 | 4.0 |
| Bayamón[1] | 10,638 | 7.1 | 4.4 |
| Ponce | 9,881 | 7.8 | 1.8 |
| San Juan | 18,866 | 16.3 | 3.2 |
| San Juan[2] | 5,698 | 4.2 | 1.7 |

[1] Re-ubicada en el 2011 [2] Cerrada en el 2010

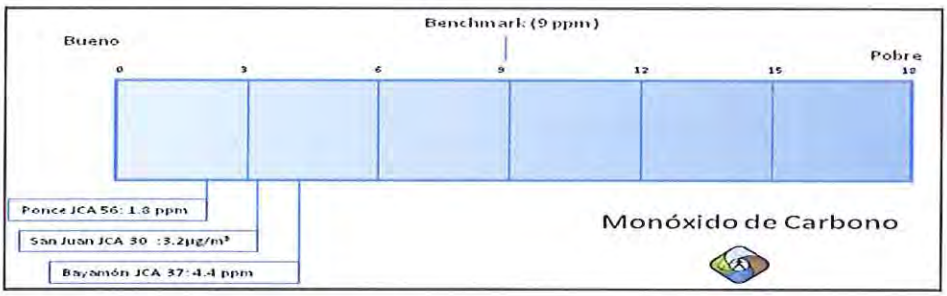
En Bayamón se ubica una estación en la Cárcel Regional de este municipio desde abril del 2008 hasta marzo del 2011 donde se re ubica en la misma instalación penal. En Ponce comienza en octubre del 2011 y las ubicadas en San Juan desde abril del 1995 al presente y la otra desde mayo del 2004 a noviembre del 2010.

Para Bayamón se determina que 12.9 ppm es el valor designado para 1 hora y 4.4ppm es el valor designado para 8 horas. Ponce obtuvo 7.1ppm como valor designado de 1 hora y 1.8ppm como valor designado para 8 horas y finalmente San Juan obtuvo 16.3ppm como valor designado de 1 hora y 3.2ppm como valor designado de 8 horas. Al comparar estos resultados dichas áreas cumplen con las Normas Nacionales establecidas.

**GRÁFICA 33:**
**Cantidad de Monóxido de Carbono (CO) por Estación**



Benchmark CO (9 ppm)




Bióxidos de Azufre ($SO_2$)

El bióxido de azufre 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. El hombre ha alterado su ciclo natural ya que al agregar grandes cantidades a la atmósfera en muy poco tiempo aumenta su concentración. Los combustibles fósiles al ser quemados en plantas eléctricas, industrias, fábricas y refinerías lo liberan a la atmósfera transformado en bióxido de azufre, esto se traduce en un 66% proviene de plantas eléctricas y un 29% de otras industrias aproximadamente.

Este gas es irritante y tóxico, afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones lo que provoca ataques de tos. Principalmente la exposición ocurre por el sistema nasal. Dicha 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 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.

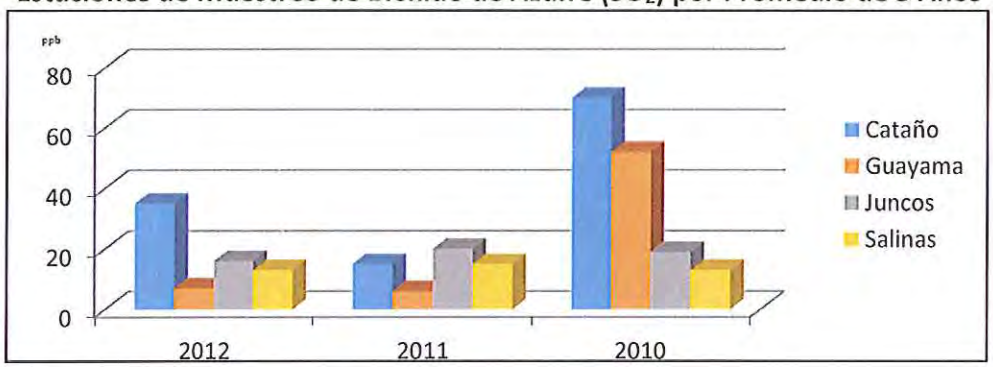
Al momento la Agencia mantiene cinco estaciones de muestreo ubicadas en Juncos, Salinas, Bayamón, Cataño y Guayama. De las cuales solo cuatro ofrecerán estado de situación por tener el periodo de tres años consecutivos de estudio, que son Cataño, Guayama, Juncos y Salinas. El método de colección para bióxido de azufre es el Analizador de Pulsaciones Fluorescente para $SO_2$. El método de análisis utiliza la detección de la fluorescencia liberada por la molécula de $SO_2$ cuando son irradiadas por la luz ultravioleta. Esta luz fluorescente está en la región ultravioleta del espectro de luz, pero con un largo de onda diferente al que está presente donde incide la radiación. Los largos de ondas normalmente muestreados se encuentran entre 190 y 230 nanómetros. En esta región del espectro se suprime a pequeñas cantidades de la fluorescencia producidas por las moléculas en el aire. La luz emitida por los tipos de azufre es detectada por un tubo foto multiplicador utilizando componentes electrónicos, que a la vez producen voltaje equivalente a la intensidad de la luz y a las concentraciones de $SO_2$.

La Norma Nacional para bióxido de azufre fue revisada en junio 2010 y quedo establecida que la norma primaria es de 75ppb y no debe exceder el promedio de tres años del percentil 99 del máximo de una hora. Y la norma secundaria establece que no debe exceder el 0.5ppm más de una vez al año el promedio de 3 horas.

A continuación los valores de percentil 99 obtenidos por las estaciones de muestreo de bióxido de azufre en unidades de ppb:

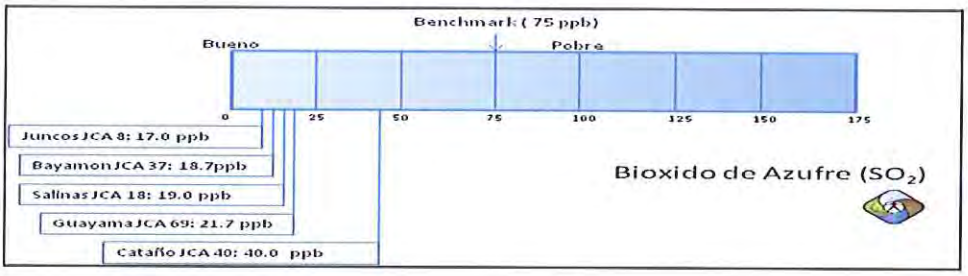
| TABLA 26: Datos de Bióxido de Azufre ($SO_2$) por Años por Estación | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Estación** | **2012** | **2011** | **2010** | **Promedio 3 años (ppb)** |
| Cataño | 35 | 15 | 70 | 40 |
| Guayama | 7 | 6 | 52 | 22 |
| Juncos | 16 | 20 | 19 | 18 |
| Salinas | 13 | 15 | 13 | 14 |

**GRÁFICA 34:**
**Estaciones de Muestreo de Bióxido de Azufre ($SO_2$) por Promedio de 3 Años**




**GRÁFICA 35:**
**Bióxido de Azufre ($SO_2$) por Promedio de 3 Años**

Benchmark $SO_2$ (75 ppb)




## Plomo (Pb)

Plomo es un contaminante que tiene efectos en la salud pública y en el medio ambiente. La Agencia de Protección Ambiental revisa varios elementos con relación a la norma primaria para aumentar la protección a niños y a la población en riesgo contra una serie de efectos adversos para la salud sobre todo como efectos neurológicos en niños incluyendo efectos neurocognitivo y neuroconductuales.

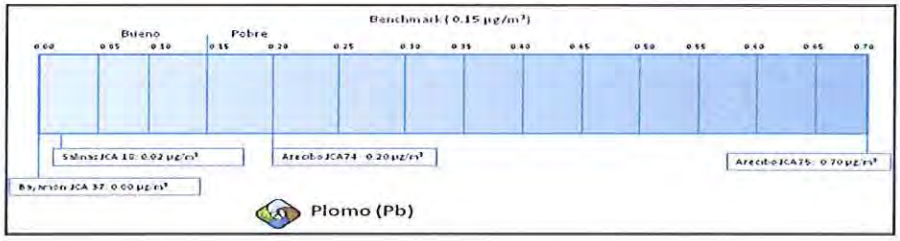
Con la nueva reglamentación para plomo se establecieron dos monitores en Arecibo. La reglamentación propone ubicar estos monitores cerca de instalaciones potenciales a emitir este contaminante tan peligroso a la salud. La Agencia mantiene dos monitores en el pueblo de Arecibo. Para este contaminante la norma primaria y secundaria establecida es 0.15µg/m$^3$ en promedio *rolling 3 month average*. A continuación los datos obtenidos:

TABLA 27:
Datos de Plomo (Pb) por Estación por Años

| Estación | 2010 | 2011 | 2012 |
|---|---|---|---|
| Arecibo [1] | 0.25 | **0.34** | 0.20 |
| Arecibo [2] | | | **0.70** |
| Bayamón | | **0.01** | 0.00 |
| Salinas | | 0.00 | **0.02** |

Al obtener estos resultados para la estación de Arecibo[1] el valor designado es 0.34, para Arecibo[2] es 0.70, para Bayamón es 0.01 y para Salinas es 0.02. Los resultados obtenidos en Arecibo responden a que según la nueva reglamentación para el muestreo de plomo, ciertas estaciones deben colocarse cerca de industrias que al menos emitan 0.5 toneladas al año. Para Arecibo ambos muestreos exceden la norma de 0.15µg/m$^3$.

Benchmark Plomo ( 0.15 µg/m$^3$)




## Indicador: Inventario de Emisiones

**Descripción del Indicador**

Debido a la contaminación atmosférica y del ambiente como producto de los avances tecnológicos e industriales de la sociedad moderna, se ha tenido que prevenir y tratar de reducir las emisiones. Una de las medidas desarrolladas por la JCA dirigido en esta línea es crear un inventario de emisiones en el cual se caracteriza por tipo de fuentes emisoras, el tipo de contaminante generado y su concentración. Y el objetivo principal es asegurar el cumplimiento de las normas de calidad de aire y satisfacer la demanda pública por servicios mediante las inspecciones de campo. Una de las herramientas más importantes disponibles para el control de la contaminación.

Las emisiones son descargas directas o indirectas o escapes a la atmósfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos. Las emisiones provienen de diferentes maneras, a través de químicos y partículas emitidas por diversas fuentes ya sean fuentes de área, fijas o móviles. Estas se clasifican en emisiones actuales, emisiones base, emisiones fugitivas, emisiones permisibles, emisiones secundarias, emisiones visibles, emisiones significativas y emisiones potenciales. Las emisiones actuales son descargas a la atmósfera iguales a la tasa promedio en toneladas por año a la cual verdaderamente emitió durante un período de tiempo, en nuestro análisis durante 2001.

**Consideraciones Técnicas**

Un inventario de emisiones es un informe cualitativo y cuantitativo de las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por una o varias fuentes en el cual se identifican los tipos de contaminantes que son emitidos y su concentración, como por ejemplo: Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Bióxidos de Azufre ($SO_2$), Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), Materia Particulada (PM). Estos son conocidos como contaminantes criterio, ya que son los más perjudiciales a la salud, a su vez sirven de medición para la calidad del aire.

El inventario de emisiones tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de las normas de calidad de aire. Es de suma importancia para el control de la contaminación atmosférica. El objetivo principal de la realización de un Inventario de Emisiones Atmosféricas permite organizar la información sobre las diferentes fuentes de emisión y sus contaminantes primarios y secundarios generados por éstas. El mantenimiento de un inventario de emisiones nos permite planificar estrategias que sirvan para establecer controles sobre la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera. También sirve como indicador de la calidad del aire y nos permite mantener una mejor administración del mismo. Entre los usos que podemos mencionar de un inventario de emisiones están los siguientes:

- Identificar que tipos de fuentes existen en un área determinada y como están distribuidas geográficamente.

- Identificar qué tipo de contaminantes emiten, en qué cantidad, que tipo de proceso y tecnología existen en el área.

- Los equipos de control que se emplean.

- Identificar cual es el grado de control que se tiene en las fuentes y que impactos tienen en el área.

- Sirve para identificar las fuentes de riesgo como resultados de los altos niveles de contaminación.

- Puede ser usado para diseñar una red de muestreo de aire.

- Sirve para evaluar, diseñar o modificar un programa de control y en conjunto con un sistema de registros de permisos, sirve para proveer información actualizada de las fuentes mayores de contaminación.

Para realizar un inventario de emisiones, hay que determinar las fuentes, su localización y la cantidad de emisiones que estas liberan al aire. Para obtener la data necesaria, debe usarse un sistema para informar estos datos de manera uniforme para asegurar la representatividad y que sea más efectivo. Se utilizan los siguientes datos para los inventarios: equipos, combustibles, datos de chimeneas, contaminantes, emisiones, procesos, horarios de operación, entre otros.

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

Hay diferentes fuentes de contaminación atmosférica las cuales se incluyen en un inventario de emisiones. Una de éstas son las Fuentes Mayores que tienen la capacidad de emitir cien (100) toneladas o más por año de uno o más contaminantes. Las Fuentes Intermedias son las que emiten entre setenta y cinco (75) a noventa (90) toneladas por año. Las Fuentes Menores emiten entre sesenta (60) a setenta (70) toneladas por año.

Entre las Fuentes podemos mencionar las fuentes estacionarias (industrias), actividades de construcción, también se encuentran las fuentes móviles (vehículos de motor, barcos, aviones) y las fuentes naturales como cenizas de volcán, partículas del desierto del Sahara y otros.

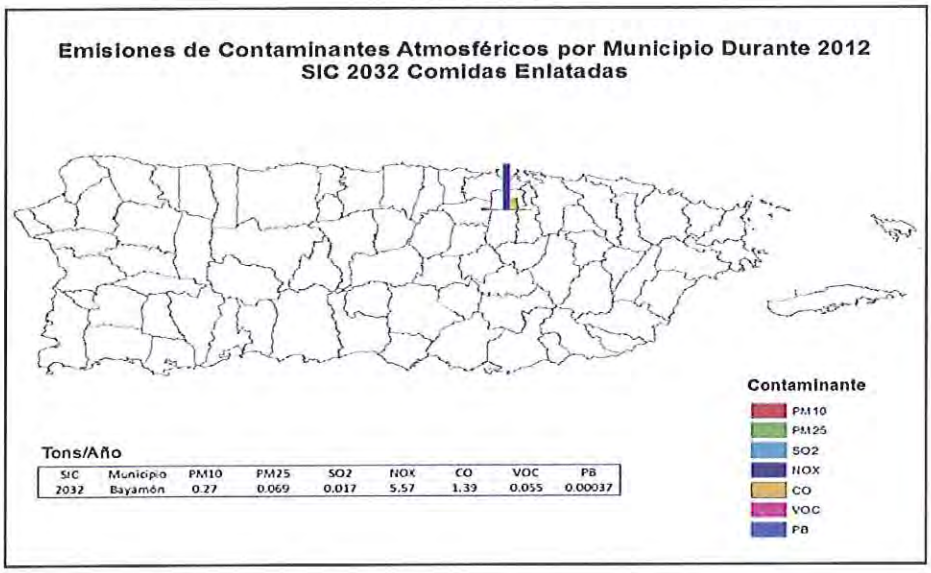
Para propósito de este documento, se presentan las emisiones por contaminantes por sector industrial y por municipio. Para clasificar las emisiones por sector industrial se utilizó el estándar utilizado por las agencias estadísticas federales en la clasificación de los establecimientos comerciales con el fin de recopilar, analizar y publicar datos estadísticos relacionados con la economía de las empresas EE.UU, los SIC. y los inventarios de emisiones preparados de los permisos otorgados y vigentes por la JCA para el 2012.

Comenzamos por el sector de la manufactura, dentro de este gran grupo comprende los establecimientos de fabricación o elaboración de alimentos y bebidas para el consumo humano, y otros productos relacionados, tales como el hielo fabricado, goma de mascar, vegetales y grasas animales y aceites, y la alimentación de animales y aves. Los productos descritos como dietética se clasifican de la misma manera que los productos no dietéticos (por ejemplo, como dulces, frutas en conserva, galletas). En el caso de PR hay clasificados los grupos 2032 Comidas Enlatadas, 2041 Molinos de harinas y Otros Productos de Granos, 2082 Bebidas de Malta y 2085 Destilación y Mezcla de Licores, entre otros.

Método de Análisis y Cobertura

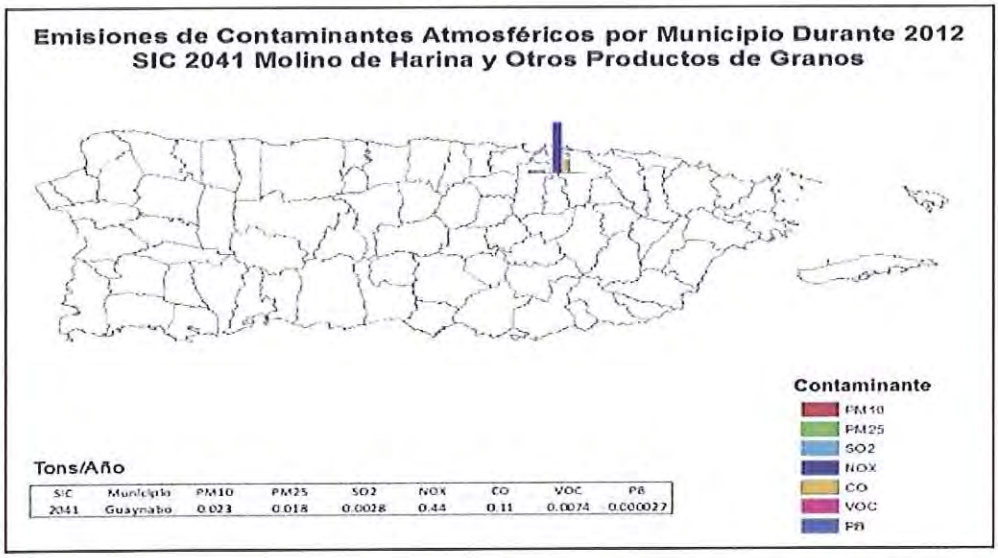
**2032 Comidas Enlatadas:** Establecimientos que se dedican principalmente al enlatado de productos alimentos para bebés, alimentos tales como vegetales, granos, frutas, y sopas, excepto mariscos. Este establecimiento está ubicado en el municipio de Bayamón. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono.

**GRÁFICA 36:**




**2041 Molinos de Harinas y Otros Productos de Granos:** Establecimientos que se dedican principalmente en la molienda de harina o de comida a partir de cereales, excepto el arroz. Los productos de los molinos de harina pueden ser vendidos solos o en forma de mezclas preparados o pastas para fines específicos. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Guaynabo. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

GRÁFICA 37:




**2082 Bebidas de Malta:** Establecimientos que se dedican principalmente en la fabricación de bebidas derivadas de malta. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Mayagüez. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

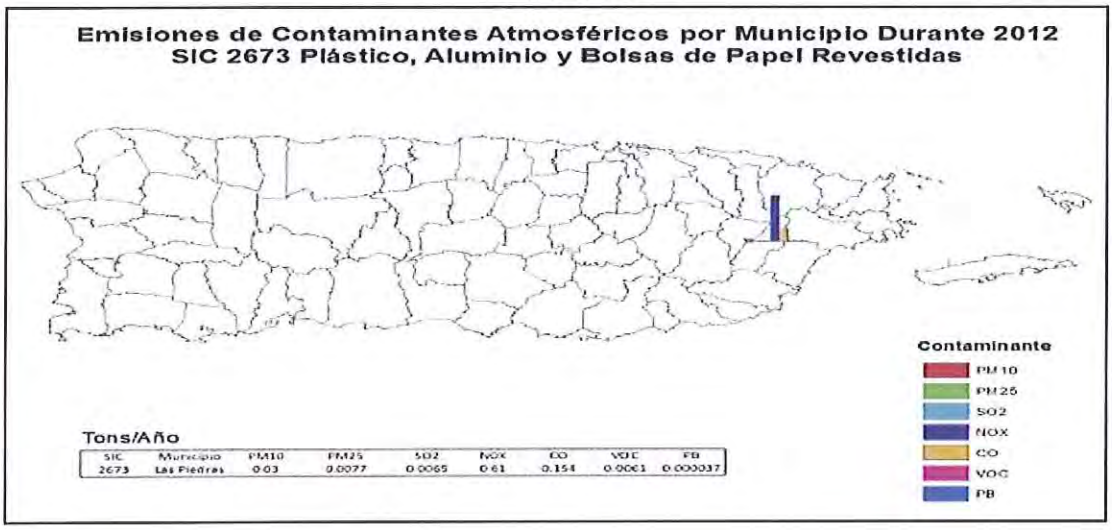
GRÁFICA 38:

**2085 Destilación y Mezcla de Licores:** Los establecimientos dedicados principalmente en la fabricación de bebidas alcohólicas por destilación, y a la fabricación de licores y cócteles alcohólicas por procesos de mezcla o por mezcla de licores y otros ingredientes. Estos establecimientos están ubicados en los municipios de Cataño y Ponce. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre, con mayores emisiones en el municipio de Ponce.

GRÁFICA 39:

**2673 Plástico, Aluminio y Bolsas de Papel Revestidas:** Establecimientos que se dedican principalmente a la fabricación de bolsas sin soporte de plástico, papel cuché, papel de aluminio, laminados o combinaciones de estos materiales, incluso impresas. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Las Piedras. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

GRÁFICA 40:




**2834 Preparaciones Farmacéuticas:** Establecimientos que se dedican principalmente a la fabricación o el procesamiento de drogas en las preparaciones farmacéuticas para uso humano o veterinario. La mayor parte de los productos de estos establecimientos se termina en la forma prevista para el consumo final, tales como ampollas, tabletas, cápsulas, ungüentos, polvos medicinales, soluciones, y suspensiones. Los productos de este sector consisten en dos líneas

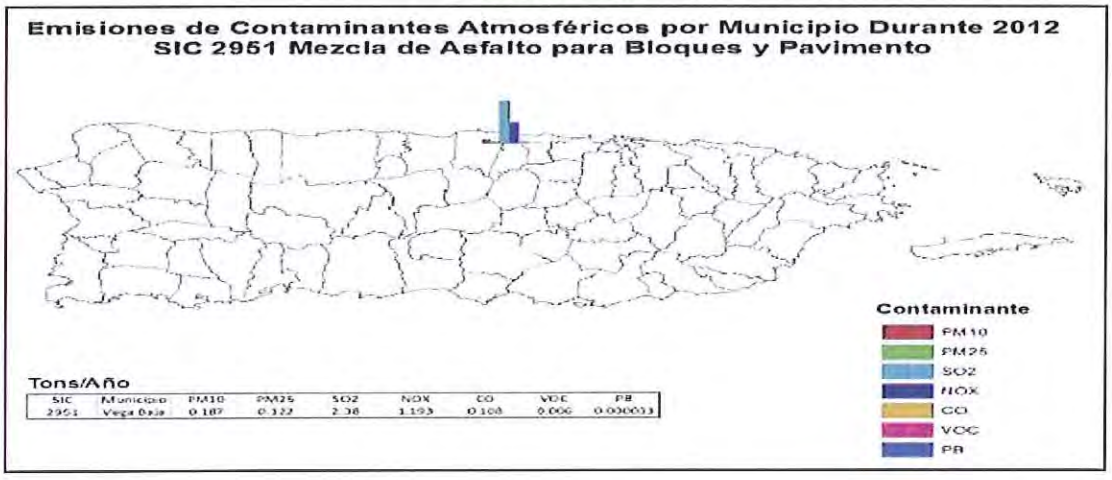
importantes, a saber: (1) las preparaciones farmacéuticas promovidos principalmente a las profesiones médicas, dentales o veterinarios, y (2) las preparaciones farmacéuticas promovidas principalmente para el público.

Estos establecimientos están ubicados en varios municipios de PR. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre, con la mayor cantidad de emisiones en los Municipios de Manatí y Barceloneta. Las emisiones provenientes de estos establecimientos son un poco más marcadas comparadas con los otros establecimientos.

**GRÁFICA 41:**

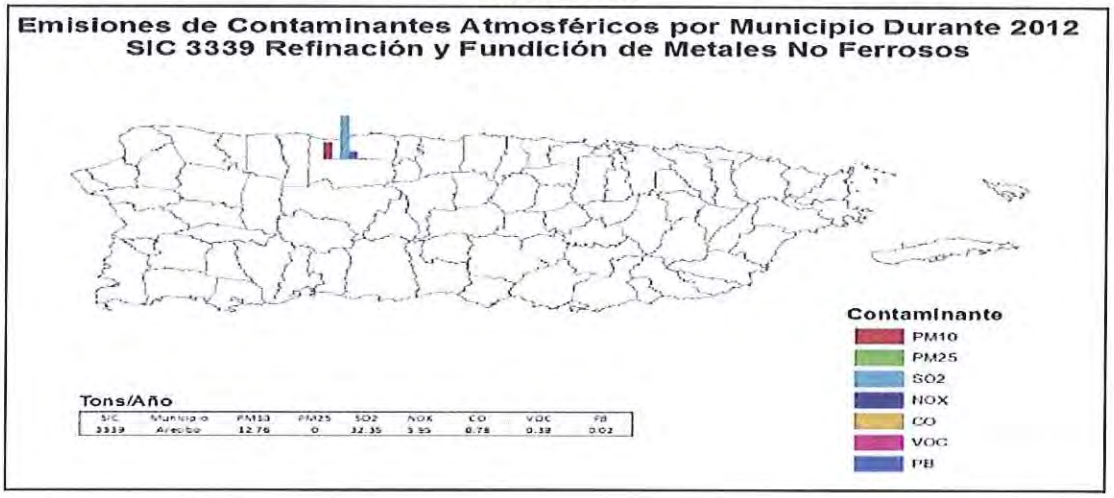
**2951 Mezcla de Asfalto para Bloques y Pavimento:** Establecimientos que se dedican principalmente a la fabricación de asfalto y mezclas de pavimentación bituminosas, y los bloques de pavimento de asfalto y varias composiciones de asfalto o alquitrán con otros materiales. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Vega Baja. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

**GRÁFICA 42:**



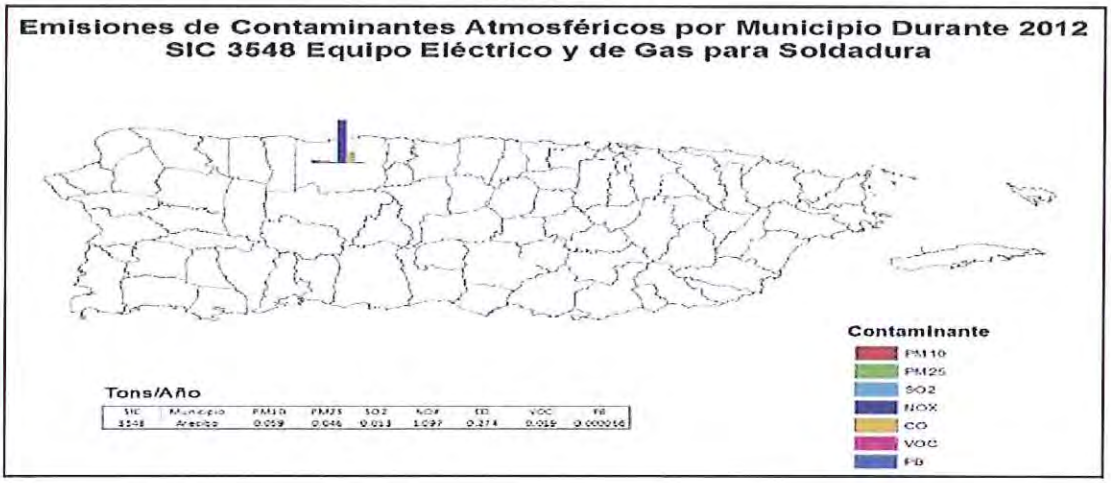
**3339 Refinación y Fundición de Materiales no Ferrosos:** Establecimientos que se dedican principalmente en la fundición y afinación de metales no ferrosos, excepto cobre y aluminio. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Arecibo. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de azufre y materia Particulada $PM_{10}$.

GRÁFICA 43:




**3548 Equipo Eléctrico y Gas para Soldadura:** Los establecimientos que se dedican principalmente a la fabricación eléctrica y soldadura de gas y equipo y accesorios de soldadura. También se incluyen los establecimientos que se dedican principalmente en el revestimiento de alambre de soldadura de alambre de compra o de alambre estirado en el mismo establecimiento. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Arecibo. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

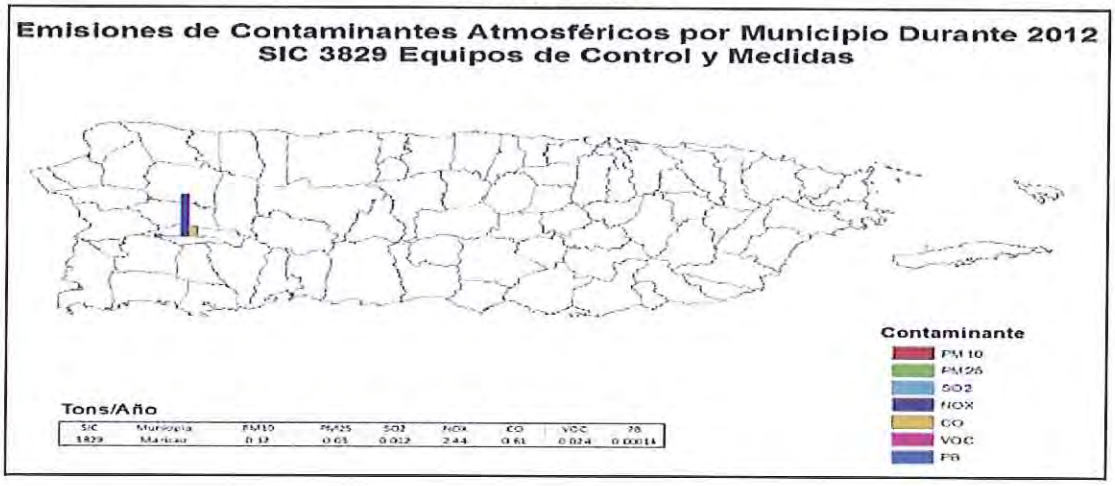
GRÁFICA 44:



**3829 Equipo de Control y Medidas:** Establecimientos que se dedican principalmente en la fabricación de equipo de medición y el control de dispositivos, no clasificados en otra parte, incluidos los instrumentos meteorológicos. Los productos importantes de esta industria son las propiedades físicas de pruebas de equipos, detección de la radiación nuclear y el control de instrumentación, instrumentos de motores de aeronaves (excepto de vuelo), y el líquido en vidrio y los termómetros bimetálicos. También se incluyen en esta industria los establecimientos que se dedican principalmente en la fabricación de instrumentos de medición y elaboración, como alidadas, tránsitos, sextantes, teodolitos, reglas y círculos.

Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Maricao. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos.

GRÁFICA 45:



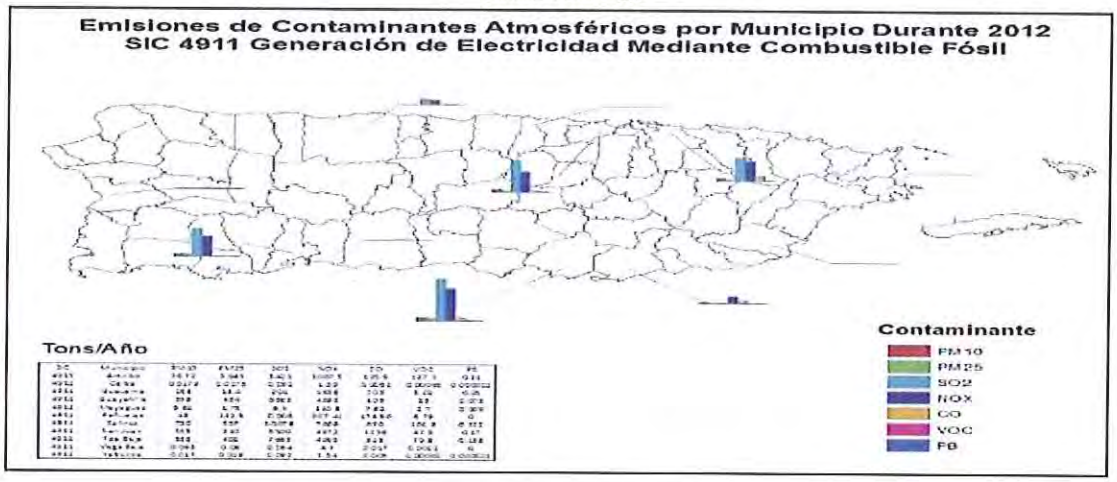

Otra gran clasificación es Transporte, Comunicaciones, Electricidad, Gas, Servicios Sanitarios. Esta división incluye los establecimientos que ofrecen al público en general u a otras empresas comerciales, de pasajeros y de carga de transporte, servicios de comunicaciones, o de electricidad, gas, vapor, agua o servicios sanitarios y todos los establecimientos del Servicio Postal de los Estados Unidos.

Para muchas de las industrias de esta división, los establecimientos tienen actividades, los trabajadores y las instalaciones físicas distribuidas en una amplia área geográfica. Para esta división, el establecimiento está representado por una oficina relativamente permanente, tienda, estación, terminal, o almacén, etc. que es o bien (1) directamente responsable de la supervisión de tales actividades o (2) la base de la cual el personal opera para llevar a cabo estas actividades.

Muchas de las industrias se dedican a diversas actividades relacionadas. Por ejemplo, los centros de comunicación, oleoductos, y las empresas de servicios públicos incluyen una variedad de actividades, tales como la generación de energía, bombeo, transmisión y distribución. Establecimientos que se dedican principalmente a este tipo de actividades están clasificados en esta división. A continuación se incluye el desglose según la clasificación.

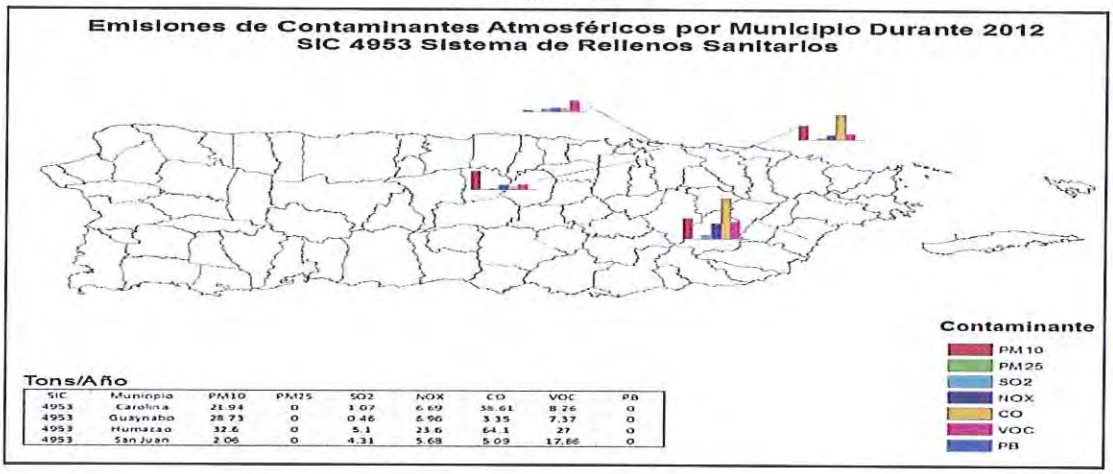
**4911 Generación de Electricidad mediante Combustión de Combustible Fósil:** Establecimientos dedicados a la generación, transmisión y / o distribución de energía eléctrica para la venta. Estos establecimientos están ubicados en varios municipios de PR. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre. Estos establecimientos son los mayores emisores de contaminantes en PR comparadas con los otros establecimientos, mayormente en Salinas, Guayanilla y Toa Baja.

GRÁFICA 46:




**4953 Sistemas de Rellenos Sanitarios:** Establecimientos que se dedican principalmente a la recogida y eliminación de residuos mediante el procesamiento o destrucción, o en la operación de los incineradores, plantas de tratamiento de residuos, vertederos, u otros sitios para la disposición de dichos materiales. Estos establecimientos están ubicados en varios municipios de Puerto Rico. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de establecimiento son monóxido de carbono, materia particulada $PM_{10}$ y orgánicos volátiles, aunque son mínimas sus emisiones comparadas con los otros establecimientos, no así para el contaminantes de monóxido de carbono.

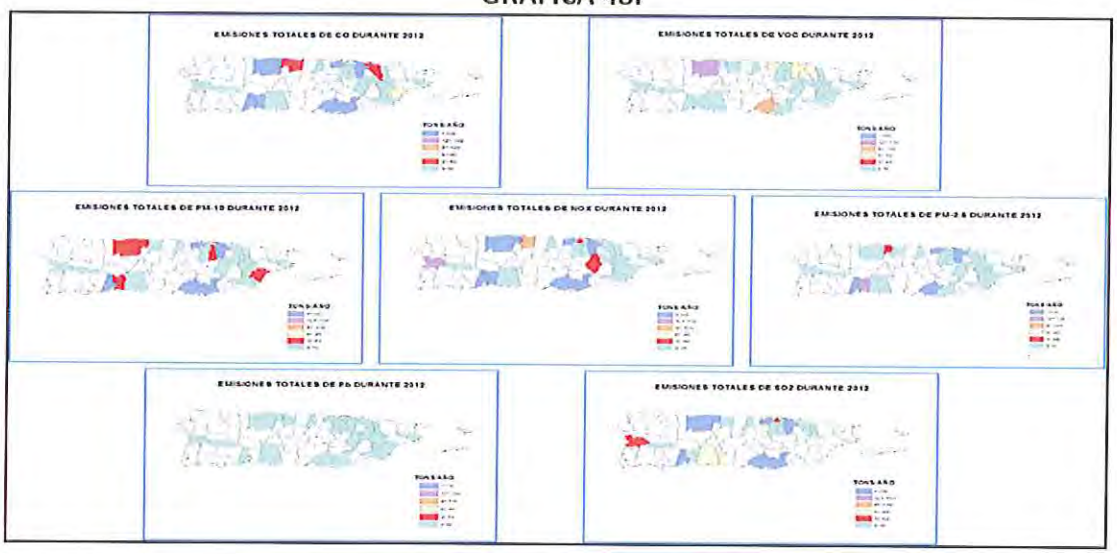
GRÁFICA 47:



En general, de acuerdo con los inventarios de emisiones, los contaminantes mayormente emitidos en Puerto Rico son bióxidos de azufre y nitrógeno, materia particulada $PM_{10}$ y monóxido de carbono. Estos contaminantes son emitidos mayormente por industrias generadoras de electricidad seguida por industrias del sector de manufactura.

Además, de acuerdo con los inventarios, las áreas con mayor emisión de bióxido de azufre y nitrógeno y monóxido de carbono son Barceloneta, Salinas-Guayama, Toa Baja y Ponce. Mientras para $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ las áreas son Guayama-Salinas, Ponce y San Juan. Y para orgánicos volátiles las áreas son Arecibo-Barceloneta y Guayama.

**GRÁFICA 48:**




## Conclusiones y Recomendaciones

Se ha demostrado que el Índice de Calidad de Aire es un instrumento práctico para detectar la contaminación y avisar a la ciudadanía que sobrepasa los niveles aceptables. Especialmente, resulta de gran utilidad para alertar a sectores de la población que sean susceptibles a padecimientos de enfermedades o condiciones respiratorias, cardiovasculares entre otros, por incrementos en los niveles de contaminación atmosférica. Por ello, se ha dado a la tarea de ampliar su cobertura a través de otras estaciones ubicadas alrededor de toda la Isla, como se realizó en Ponce.

En términos generales la calidad del aire en Puerto Rico cumple con las normas establecidas. En el único parámetro que no se cumple es plomo, específicamente en el área de Arecibo. La JCA está en el proceso de desarrollar e implantar un Plan Estatal (SIP) de medidas y criterios para restablecer la calidad del aire y cumplir con la norma nacional primaria de plomo.

Es recomendable continuar con la implementación de sistemas de monitoreo y fortalecer los existentes para generar información que permita evaluar la tendencia a corto y largo plazo de los contaminantes. Utilizar estos resultados para desarrollar estrategias de prevención y control, planes de manejo de la calidad del aire y políticas ambientales integrales, así como la evaluación de las mismas.

Por último el inventario de emisiones y los modelos matemáticos se crea con el fin de asegurar el

cumplimiento de las normas de calidad de aire. Esto permite organizar la información sobre las diferentes fuentes de emisión y sus contaminantes primarios y secundarios generados por éstas.

Del inventario de emisiones podemos concluir que los contaminantes mayormente emitidos en Puerto Rico son bióxidos de azufre y nitrógeno, materia particulada $PM_{10}$ y monóxido de carbono. Estos contaminantes son emitidos mayormente por industrias generadoras de electricidad seguida por industrias del sector de manufactura.

Por las gráficas podemos observar que las áreas con mayor emisión de bióxido de azufre y nitrógeno y monóxido de carbono son Barceloneta, Salinas-Guayama, Toa Baja y Ponce. Mientras para $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ las áreas son Guayama-Salinas, Ponce y San Juan. Y para orgánicos volátiles las áreas son Arecibo-Barceloneta y Guayama.