ESTADO LIBRE ASOCIADO DE
PUERTO RICO

JCA
JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Informe Ambiental 2012

PO Box 11488 · San Juan PR 00910

Edificio de Agencias Ambientales Cruz A. Matos
1308 Ave. Ponce de León · Carretera Estatal 8838
Sector El Cinco · Río Piedras PR 00926

CRÉDITOS

La Junta de Gobierno y el
Área de Evaluación y Planificación Estratégica
de la Junta de Calidad Ambiental
agradecen a las siguientes personas y entidades
su valiosa contribución
en la preparación de este documento:

AGENCIAS PARTICIPANTES

Junta de Calidad Ambiental

Autoridad de Desperdicios Sólidos

Junta de Planificación

Departamento de Salud

Autoridad de Energía Eléctrica

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

Administración de Asuntos Energéticos

JCA
JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
ENERGÍA 2
Asunto: Consumo Energético 2
Indicador: Consumo Energético por Sector (Tipo I) 2
Descripción del Indicador 2
Consideraciones Técnicas 4
Limitaciones del Indicador 5
Benchmark (BM) 5
Conclusión y Recomendaciones 7
AGUA 8
Asunto: Demanda de Agua y Uso 8
Indicador: Abonados con Servicio de Alcantarillado (Urbano y Sub Urbano) 8
Descripción del Indicador 8
Consideraciones Técnicas 8
Método de Análisis y Cobertura 8
Análisis 8
Benchmark 9
Limitaciones del Indicador 9
Conclusión y Recomendaciones 9
Indicador: Cantidad de Agua Extraída (Tipo II) 9
Descripción del Indicador 9
Consideraciones Técnicas 9
Método de Análisis y Cobertura 10
Análisis 12
Benchmark 12
Limitaciones del Indicador 13
Conclusión y Recomendaciones 13
SUELO 15
Asunto: Uso de Suelo 15
Indicador: Distribución de los Usos de Suelo (Tipo I) 15
Descripción del Indicador 15
Consideraciones Técnicas 15
Método de Análisis y Cobertura 17
Clasificación de suelo 18
Suelos desarrollados 20
Análisis 23
Conclusión y recomendación 24
Suelos con valor agrícola 24
Análisis 27
Conclusión y recomendaciones 27
Riesgos naturales 28
Suelos bajo riesgos de inundaciones 29
Análisis 31

Suelos con riesgo a deslizamiento 31
Análisis 33
Suelos con vulnerabilidad a tsunamis 34
Análisis 36
Vulnerabilidad a riesgos costeros 37
Conclusión y recomendación 37
Sistemas naturales 38
Suelos con valor natural 40
Análisis 41
Área de planificación especial del carso 41
Análisis 42
Benchmark 42
Limitaciones del Indicador 43
Conclusión y Recomendaciones 43
Asunto: Desperdicios Sólidos Peligrosos 43
Indicador: Disposición de Desperdicios Peligrosos (Tipo II) 43
Descripción del Indicador 43
Consideraciones Técnicas 44
Benchmark 45
Limitaciones del Indicador 45
Conclusión y Recomendaciones 46
Indicador: Generación de Desperdicios Peligrosos (Tipo II) 46
Descripción del Indicador 46
Consideraciones Técnicas 47
Benchmark 47
Limitaciones del Indicador 47
Conclusión y Recomendaciones 48
Indicador: Reclamación de Desperdicios Sólidos Peligrosos 49
Descripción del Indicador 49
Consideraciones Técnicas 49
Benchmark 50
Limitaciones del Indicador 50
Conclusión y Recomendaciones 51
AIRE 51
Asunto: Calidad del Aire 52
Indicador: Índice de Calidad de Aire (Tipo I) 52
Descripción del Indicador 52
Consideraciones Técnicas 53
Método y Análisis de Cobertura 53
Indicador: Concentración de Contaminantes Criterio (Tipo I) 54
Descripción del Indicador 54
Consideraciones Técnicas 55
Método y Análisis de Cobertura 56
Bióxido de Nitrógeno (NO_2) 56
Ozono (O_3) 57
Benchmark Ozono (0.075 ppm) 58
Materia Particulada 58
Materia Particulada (PM_{10}) 59

Benchmark PM_{10} (150 µg/m^3) 62
Materia Particulada ($PM_{2.5}$) 62
Benchmark $PM_{2.5}$ (15 µg/m^3) 66
Monóxido de Carbono (CO) 66
Benchmark CO (9 ppm) 68
Bióxidos de Azufre (SO_2) 68
Benchmark SO_2 (75 ppb) 70
Plomo (Pb) 70
Benchmark Plomo (0.15 µg/m^3) 71
Indicador: Inventario de Emisiones 71
Descripción del Indicador 71
Consideraciones Técnicas 71
Método y Análisis de Cobertura 73
Conclusiones y Recomendaciones 80

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Consumo Anual Promedio por Cliente – Residencial	2
Gráfica 2	Consumo Anual Promedio por Cliente – Comercial	3
Gráfica 3	Consumo Anual Promedio por Cliente – Industrial	3
Gráfica 4	Consumo de Agua – Centrales Generatrices 2007-2010	11
Grafica 5	Consumo de Agua – Centrales Hidroeléctricas 2010	11
Gráfica 6	Extracción de Agua de Mar	12
Gráfica 7	Modelo de Regionalización (2010)	17
Gráfica 8	Estructura de Clasificación de Suelos	18
Gráfica 9	Mapa Clasificación de Suelos (2012)	22
Gráfica 10	Clasificación de Suelos – Por ciento (2012)	23
Gráfica 11	Suelos con Producción Agrícola (2007)	26
Gráfica 12	Mapa de Riesgos Naturales (2012)	29
Gráfica 13	Suelos con Riesgo de Inundaciones (2009)	31
Gráfica 14	Niveles de Susceptibilidad a Deslizamiento	33
Gráfica 15	Evolución de Tsunamis en Tres Fases	34
Gráfica 16	Mapa Límite Vulnerabilidad a Tsunamis	36
Gráfica 17	Niveles de Inundabilidad por Tsunamis	36
Gráfica 18	Mapa de Sistemas Naturales	39
Gráfica 19	Mapa Provincia Caliza de Puerto Rico	42
Gráfica 20	Desperdicios Generados vs. Desperdicios Dispuestos y/o Manejados	44
Gráfica 21	Desperdicios Peligrosos Generados	46
Gráfica 22	Reclamación de Desperdicios Peligrosos	50
Gráfica 23	Índices de Calidad de Aire por Estación, 2012	53
Gráfica 24	Distribución Valores Índices Calidad de Aire por Estación y por Mes, 2012	54
Gráfica 25	Red de Muestreo de Aire de Puerto Rico, 2012	56
Gráfica 26	Valores de Ozono (O_3) en Cataño y Juncos – 2010-2012	58
Gráfica 27	Valores de Materia Particulada (Pm_{10}) en Cataño – 2010-2012	59
Gráfica 28	Max. 24 Horas Pm_{10} 2012	60
Gráfica 29	Estaciones de la JCA para Pm_{10} por Años	61
Gráfica 30	Materia Particulada $Pm_{2.5}$ – Promedio Aritmético Tres Años (2010-2012)	63
Gráfica 31	Tendencia de $Pm_{2.5}$ por Estación	65
Gráfica 32	Materia Particulada $Pm_{2.5}$ – Percentil 98 Tres Años (2010-2012)	66
Gráfica 33	Estaciones de muestreo de CO2 por estación	67
Gráfica 34	Estaciones de Muestreo de SO2 por Años	69
Gráfica 35	Estaciones de Muestreo de SO2 por promedio de tres años	69
Gráfica 36	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2032 Comidas Enlatadas	73
Gráfica 37	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2041 Molino de Harina y Otros Productos de Granos	74
Gráfica 38	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2082 Bebidas de Malta	74
Gráfica 39	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2085 Destilación y Mezcla de Licores	75

Gráfica 40	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2673 Plástico, Aluminio y Bolsas de Papel Revestidas	75
Gráfica 41	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2834 Preparaciones Farmacéuticas	76
Gráfica 42	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 2951 Mezcla de Asfalto para Bloques y Pavimento	76
Gráfica 43	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 3339 Refinación y Fundición de Metales No Ferrosos	77
Gráfica 44	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 3548 Equipo Eléctrico y Gas para Soldadura	77
Gráfica 45	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 3829 Equipos de Control y Medidas	78
Gráfica 46	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 4911 Generación de Electricidad Mediante Combustible Fósil	79
Gráfica 47	Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Municipio Durante 2012 – SIC 4953 Sistema de Rellenos Sanitarios	79
Gráfica 48	Mapas de Emisiones Totales para diversos contaminantes durante el 2012	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Referencia para el Cálculo de los Benchmark – Consumo por Cliente Residencial	5
Tabla 2	Referencia para el Cálculo de los Benchmark – Consumo por Cliente – Comercial	6
Tabla 3	Referencia para el Cálculo de los Benchmark - Consumo por Cliente – Industrial (6)	6
Tabla 4	Fuentes de Agua	10
Tabla 5	Uso de Galones de Agua de 2007 a 2010	11
Tabla 6	Regionalización de Municipios – 2010	17
Tabla 7	Metas y Objetivos de Política Pública de Desarrollo Urbano	20
Tabla 8	Metas y Objetivos de Política Pública para Infraestructura	21
Tabla 9	Clasificación de Suelos (2012)	22
Tabla 10	Metas y Objetivos de Política Pública de Desarrollo Agrícola	24
Tabla 11	Fincas y Terrenos con Producción Agrícola - Censo Agrícola 1993 a 2007	26
Tabla 12	Reservas Agrícolas Aprobadas y en Proceso (2012)	26
Tabla 13	Metas y Objetivos de Política Pública sobre Riesgos Naturales	28
Tabla 14	Zonas de Riesgo de Inundación	30
Tabla 15	Estimado de Suelos Bajo Riesgo de Inundaciones (2009)	30
Tabla 16	Clasificación de Terrenos Deslizables	32
Tabla 17	Suelos con Riesgo de Deslizamiento	33
Tabla 18	Metas y Objetivos de Política Pública de Áreas de Recursos Naturales, Ambientales y Culturales	39
Tabla 19	Suelos con Valor Natural	40
Tabla 20	Valores de Ozono (O_3) en Cataño y Juncos – 2010-2012	57
Tabla 21	Valores de Materia Particulada (Pm_{10}) en Cataño – 2010-2012	59
Tabla 22	Promedio Anual $Pm_{2.5}$ – 2010-2012	62
Tabla 23	Promedios Anuales Aritméticos - Materia Particulada $Pm_{2.5}$	63
Tabla 24	Percentil 98 Materia Particulada $Pm_{2.5}$	65
Tabla 25	Datos de Muestreo para Monóxido de Carbono (CO)	67
Tabla 26	Datos de Bióxido de Azufre (SO2) por estación y por años	69
Tabla 27	Datos de Plomo (Pb) por estación y por años	70

INTRODUCCIÓN

El Informe Ambiental es un instrumento preparado por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) con el propósito de evaluar y dar a conocer el estado o condición del ambiente en Puerto Rico. Este documento, tiene su base legal en la Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004 (Ley de Política Pública Ambiental), ha ido evolucionando cada año, en busca de ser más objetivo, preciso y confiable en la evaluación de la condición del ambiente, y en facilitar su lectura e interpretación por parte de todos los sectores de la sociedad.

Para mejorar la preparación y contenido de este Informe, la JCA lleva desarrollando, desde el 2006, un sistema de medición basado en indicadores ambientales. Se entiende por indicador ambiental, cualquier variable medible la cual, de manera directa o indirecta, puede reflejar o dar a entender la condición (cuantitativa o cualitativa) de los recursos naturales o la calidad del ambiente. Mediante la adopción de este sistema de indicadores, se pretende cumplir con los siguientes propósitos:

- Apreciar, anticipar y evaluar condiciones y tendencias del ambiente y las actividades humanas.
- Comparar escenarios a través del tiempo y el espacio.
- Identificar o asignar prioridades de intervención.
- Establecer política pública y planificar.

En cumplimiento con estos propósitos, la JCA se mantiene constantemente en el proceso de identificar y desarrollar indicadores ambientales para Puerto Rico que reflejen, cada vez de manera más precisa, nuestra realidad ambiental. A su vez, damos a conocer los resultados de estos trabajos mediante este documento, que publicamos anualmente, y agrupa los indicadores en las siguientes áreas: agua, suelo, aire, energía, sistemas naturales y ruido.

A tales efectos, le place a la JCA presentar el Informe Ambiental correspondiente al año 2012. El mismo es un esfuerzo que coordina el Área de Evaluación y Planificación Estratégica con el insumo técnico de las distintas áreas de la JCA, así como también, de otras agencias gubernamentales que tienen injerencia sobre el medio ambiente y los recursos naturales. Esperamos que este documento facilite entender mejor los impactos de las acciones de nuestra sociedad sobre el medio ambiente y permitan dirigir los esfuerzos públicos y privados en proteger nuestros recursos naturales, que al fin de cuentas, resultan ser la infraestructura más importante para nuestro desarrollo.

ENERGÍA

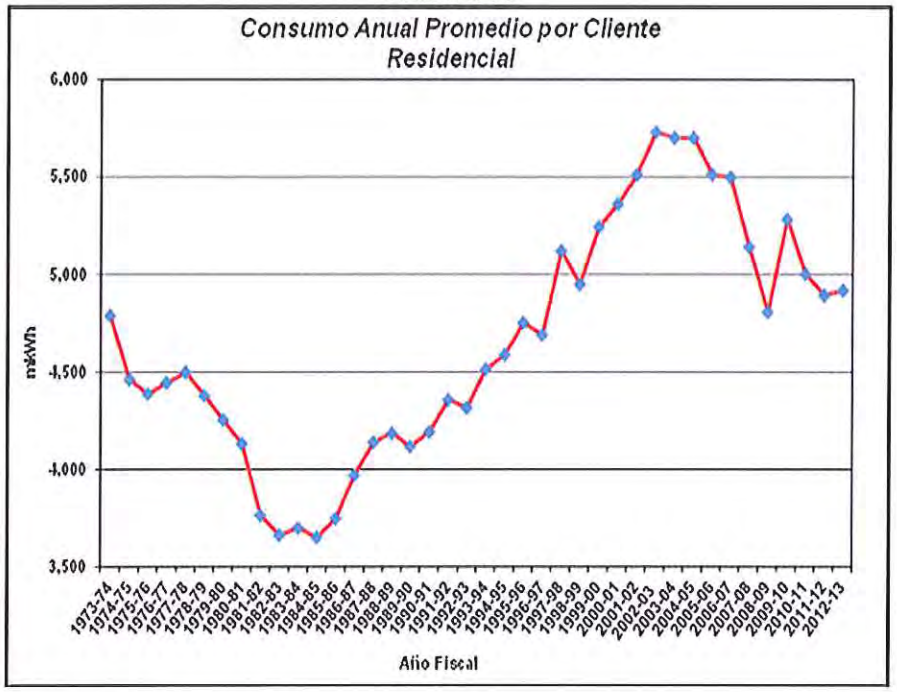
ASUNTO: CONSUMO ENERGÉTICO

Indicador: Consumo Energético por Sector (Tipo I)

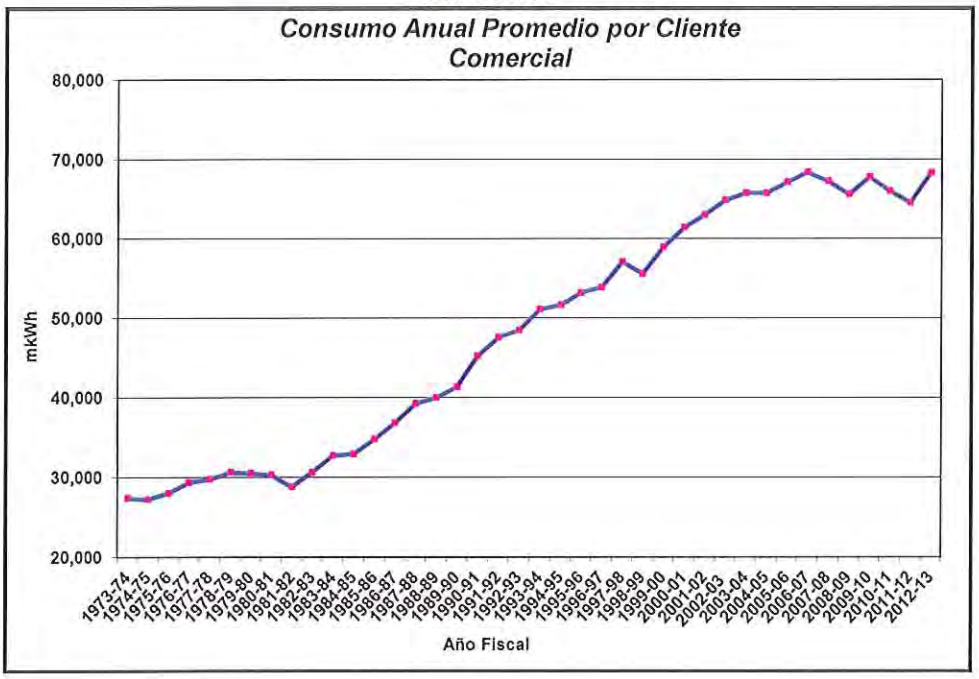
Descripción del Indicador

Por medio de este indicador se puede conocer el comportamiento del consumo de energía por cliente en los sectores residenciales, comerciales e industriales de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). Es importante saber el nivel de consumo eléctrico de estos sectores para de esta forma establecer estrategias de manejo y conservación de energía ajustadas a las características y necesidades de cada sector. Además, permite ponderar las necesidades actuales y futuras de estos sectores para planificar la infraestructura (generación, transmisión y distribución) que el país demanda para sostener su desarrollo.

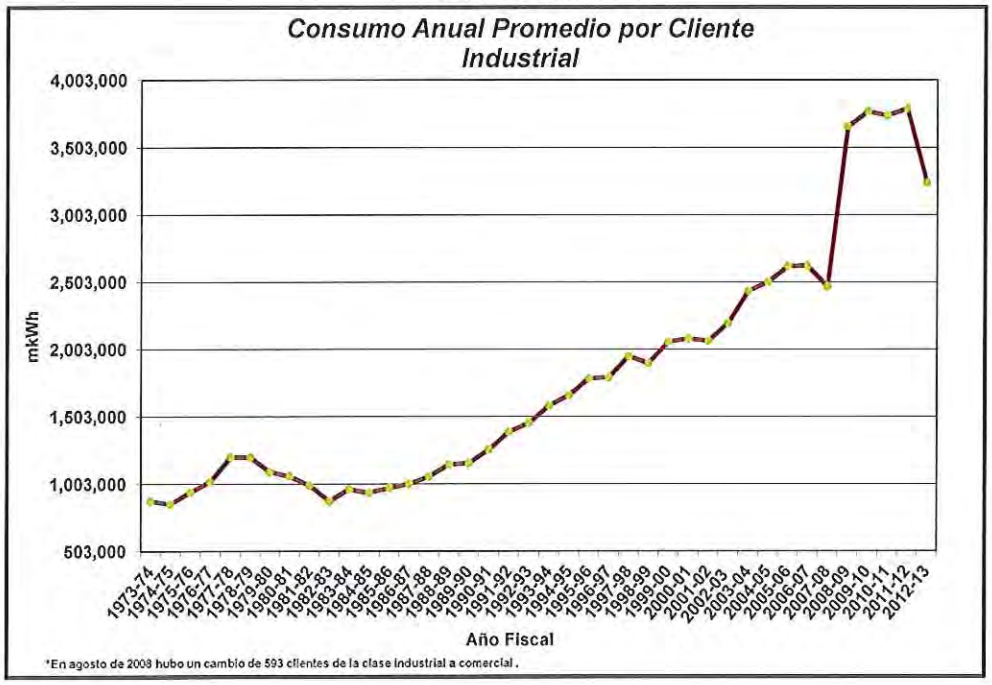
GRÁFICA 1



GRÁFICA 2



GRÁFICA 3



Consideraciones Técnicas

Este indicador es calculado mediante la medición del consumo en millones de kilovatios hora (mkWh) por clientes de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) por tipo de servicio (residencial, comercial e industrial).

Del comportamiento o tendencias en el consumo de los sectores presentados podemos destacar las siguientes observaciones:

- El consumo residencial y comercial presentaron un sostenido aumento en la demanda energética exceptuando los periodos de principios de la década del 1970 y 1980 donde se registra un moderado descenso o estabilización del consumo. Dicho descenso o estabilización se pueden asociar a los efectos de la crisis energética del 1973, donde los países exportadores de petróleo redujeron su producción, y la del 1979, la cual aumentó significativamente los precios del petróleo como consecuencia de la revolución Islámica en Irán.

- El comercio representa el sector de mayor consumo con más de 8,650 mkWh, y es la clase que presenta menores variaciones o efectos en el consumo a causa de las crisis energéticas o las fluctuaciones en el costo de la electricidad.

- El sostenido encarecimiento del barril de petróleo en esta década se debe a los conflictos bélicos en países productores como Irak, Libia y a la especulación en los mercados de crudo. Otro factor que afecta el precio es la alta demanda en países como China e India, lo que ejerce presión inflacionaria en economías como la de Puerto Rico, la cual es altamente dependiente del consumo energético. Este efecto en el nivel de precios afecta el ingreso personal disponible en el país, por lo que el descenso observado en el consumo energético en el sector residencial desde el año fiscal 2006 está relacionado a este impacto y a la recesión económica que experimentamos desde el año 2006.

- El sector industrial presenta un patrón de demanda irregular con un acelerado aumento en el periodo del 1965 al 1977 y una marcada disminución para principios de la década de 1980, posiblemente vinculada a la caída de la industria petroquímica en Puerto Rico y a los efectos de la crisis energética de 1979. Aunque luego del 1985 el consumo industrial mantuvo un ritmo anual ascendente durante la década del 1980, este sector implantó con mayor énfasis medidas de ahorro de energía y sistemas de cogeneración el cual le permitió a algunas industrias generar parte de la energía que demandaban.

- Algunas variaciones en el consumo energético de cada sector están vinculadas a eventos climáticos (tormentas, huracanes, inundaciones, etc.) los cuales provocaron suspensión temporal del servicio de energía eléctrica. Como ejemplo más destacado podemos mencionar el paso del Huracán Georges en septiembre de 1998 el cual provocó un notable descenso en el consumo de todos los sectores.

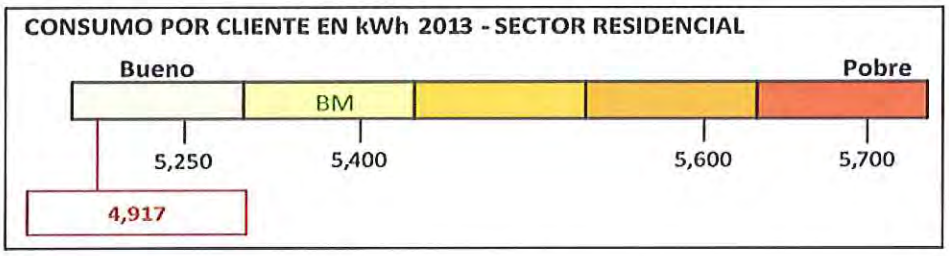
Limitaciones del Indicador

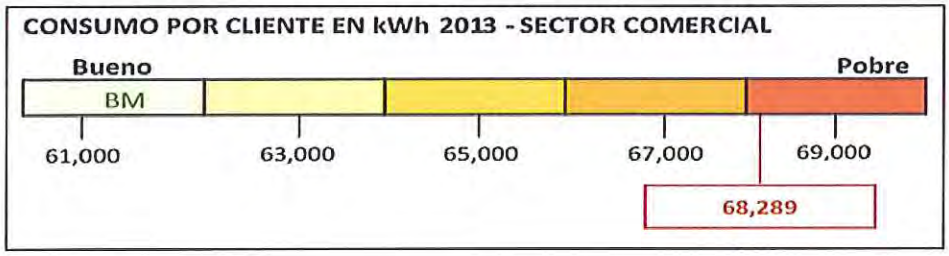
La principal limitación para entender e interpretar este indicador radica en que el mismo no presenta datos o una relación de los costos monetarios en que incurre cada sector para satisfacer sus necesidades energéticas.

Futura limitación del indicador:

¿Cómo medir lo que se genera por sistemas privados? Por Ejemplo, industrias y comercios con paneles eléctricos que no son reportados por la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE).

Benchmark[1] (BM)





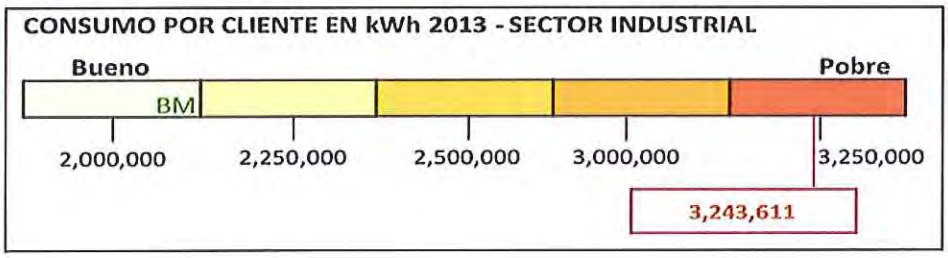


TABLA 1: REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LOS BENCHMARK Consumo por Cliente - Residencial				
Año Fiscal	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo por Cliente (mkWh)	Consumo por Cliente (kWh)
2000-01	6,631.7	1,237,053	0.005360	5,360
2001-02	6,909.5	1,254,043	0.005509	5,509
2002-03	7,280.5	1,270,371	0.005731	5,731

[1] La métrica usada como BM para este indicador es el cálculo del consumo anual en kilowatios / hora (kWh) por cliente en cada sector. Este acercamiento de medición se hace con el propósito de normalizar el análisis y facilitar la interpretación de los datos. Debido a lo difícil que pudiera resultar determinar un BM con una cifra sustentable de consumo por cliente en cada sector, se optó por analizar este indicador mediante la mensura de los aumentos o descensos sobre los niveles de consumo de un año base (año fiscal 2000–01).

TABLA 1: REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LOS BENCHMARK Consumo por Cliente - Residencial				
Año Fiscal	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo por Cliente (mkWh)	Consumo por Cliente (kWh)
2003-04	7,338.2	1,287,010	0.005701	5,701
2004-05	7,437.8	1,304,657	0.005700	5,700
2005-06	7,250.4	1,315,345	0.005512	5,512
2006-07	7,243.8	1,317,454	0.005498	5,498
2007-08	6,757.2	1,314,454	0.005141	5,141
2008-09	6,367.6	1,324,752	0.004807	4,807
2009-10	7,056.6	1,335,928	0.005282	5,282
2010-11	6,707.5	1,341,291	0.005001	5,001
2011-12	6,559.6	1,340,405	0.004894	4,894
2012-13	6,656.0	1,353,550	0.004917	4,917

TABLA 2 REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LOS BENCHMARK Consumo por Cliente - Comercial				
Año Fiscal	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo por Cliente (mkWh)	Consumo por Cliente (kWh)
2000-01	7,583.1	123,380	0.061461	61,461
2001-02	7,865.3	124,759	0.063043	63,043
2002-03	8,166.8	125,890	0.064872	64,872
2003-04	8,400.2	127,705	0.065778	65,778
2004-05	8,498.6	129,170	0.065793	65,793
2005-06	8,734.5	130,082	0.067146	67,146
2006-07	8,909.5	130,295	0.068379	68,379
2007-08	8,743.5	130,011	0.067252	67,252
2008-09	8,498.1	129,492	0.065626	65,626
2009-10	8,758.9	129,208	0.067789	67,789
2010-11	8,551.4	129,537	0.066015	66,015
2011-12	8,300.1	128,590	0.064547	64,547
2012-13	8,654.5	126,735	0.068289	68,289

TABLA 3: REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LOS BENCHMARK Consumo por Cliente - Industrial				
Año Fiscal	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo por Cliente (mkWh)	Consumo por Cliente (kWh)
2000-01	4,018.7	1,929	2.083307	2,083,307
2001-02	3,876.3	1,874	2.068463	2,068,463
2002-03	3,963.4	1,804	2.197006	2,197,006
2003-04	4,092.1	1,679	2.437224	2,437,224
2004-05	4,177.4	1,668	2.504436	2,504,436
2005-06	4,241.8	1,618	2.621631	2,621,631
2006-07	4,136.3	1,576	2.624555	2,624,555
2007-08	3,742.5	1,514	2.471951	2,471,951

TABLA 3: REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LOS BENCHMARK Consumo por Cliente - Industrial				
Año Fiscal	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo por Cliente (mkWh)	Consumo por Cliente (kWh)
2008-09	3,288.6	899	3.658065	3,658,065
2009-10	3,047.1	808	3.771163	3,771,163
2010-11	2,881.2	770	3.741818	3,741,818
2011-12	2,778.5	733	3.790603	3,790,603
2012-13	2,299.7	709	3.243611	3,243,611

Conclusión y Recomendaciones

En el año fiscal 2012-2013, los sectores residenciales y comerciales aumentaron sus niveles de consumo por cliente. Por su parte, el sector industrial experimentó una baja en el consumo. Se debe investigar si dicho descenso responde a medidas de ahorro o a menor producción. Estos cambios son en parte el reflejo de la entrada de un nuevo sistema de facturación en el año fiscal 2012, el cual confrontó problemas y por esta razón en algunos meses el consumo fue subestimado. Se le debe prestar atención especial al sector comercial el cual es el de mayor consumo agregado y al sector industrial debido al efecto contaminante de algunos de los procesos de producción en diversas industrias

ASUNTO: DEMANDA DE AGUA Y USO

Indicador: Abonados con Servicio de Alcantarillado (Urbano y Sub Urbano)

Descripción del Indicador

Este indicador sirve para medir la cantidad de abonados con servicio de alcantarillado y la cantidad de aquellos que carecen de este servicio. Es importante poder establecer la necesidad de infraestructura actual y la que se necesitará en un futuro para satisfacer la demanda por aumento poblacional. Es importante además poder identificar con certeza y precisión las áreas que tienen y las que carecen de este servicio.

Consideraciones Técnicas

Los datos que alimentan este indicador son manejados por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA).

Método de Análisis y Cobertura

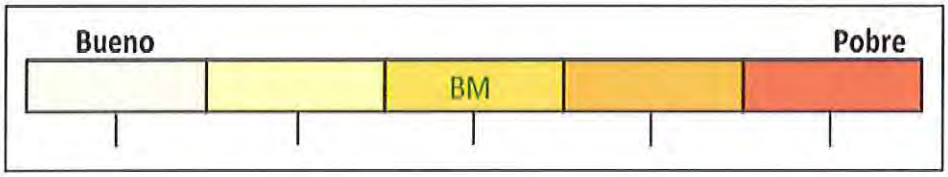
La AAA realiza lecturas de los contadores de los abonados para determinar el consumo de agua y facturar el mismo. Para efecto de proyecciones de aguas usadas, del dato de consumo de agua potable por cliente se estima que el 85% equivale a la generación de aguas usadas. Dicho dato es el que la AAA utiliza para realizar proyecciones de crecimiento y estimados de volúmenes generados de aguas usadas en los sistemas. Actualmente a nivel Isla, existe una cobertura de alcantarillado sanitario de aproximadamente 55%.

Análisis

La tendencia de crecimiento del sistema de alcantarillado sanitario por parte de la AAA es menor al compararse con los sistemas de agua potable. El Programa de Mejoras Capitales de la AAA tiene la mayor parte de sus inversiones dirigidas al Cumplimiento Regulatorio como prioridad. La extensión del sistema sanitario es mayormente realizada por los nuevos desarrollos.

Benchmark

Se está trabajando para establecer una medida que indique el escenario real de la población con sistema de alcantarillado.



Limitaciones del Indicador

La AAA no mide el volumen de aguas usadas generadas de sus clientes, tan solo se lee el consumo de agua potable en los contadores. La AAA tiene metros de flujo en sus Plantas de Alcantarillado Sanitario las cuales miden el flujo total de aguas usadas que son tratadas en dicha facilidad. Dicho flujo no necesariamente representa el volumen de aguas usadas generadas en un sistema, ya que también los sistemas reciben, en mayor o menor grado, aguas pluviales o de escorrentía.

Conclusión y Recomendaciones

En algunos lugares no resulta costo efectivo instalar sistemas de alcantarillado sanitario por dificultades geográficas o topográficas. En algunos casos es recomendable la utilización de pozos sépticos que cumplan con los requisitos establecidos por la Junta de Calidad Ambiental.

La AAA tiene identificada muchas de las áreas que cuentan con servicio de alcantarillado sanitario en su Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés).

Indicador: Cantidad de Agua Extraída (Tipo II)

Descripción del Indicador

Este indicador nos muestra la totalidad de agua extraída en ríos, lagos y pozos para satisfacer la demanda por los diferentes usos de la población (residencial, comercial, industrial, agrícola). Su contabilidad es importante porque permite ponderar la suficiencia de este recurso para atender las necesidades actuales y futuras e identificar posibles deficiencias o malas prácticas que atenten contra la sostenibilidad del mismo.

Consideraciones Técnicas

Para el desarrollo de este indicador se tomaron datos e información de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) (Extracción y consumo de agua por las centrales generatrices) y la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) (Facilidades: tomas, plantas de filtración).

Método de Análisis y Cobertura

En Puerto Rico, en términos generales, la extracción de agua se realiza para cuatro propósitos:

- suplir agua a las plantas de filtración para consumo directo;
- procesos de manufactura e industriales;
- riego para la agricultura; y
- generación de electricidad.

En términos de consumo, la AAA recopila datos parciales los cuales se miden mediante metros de flujo que pueden estar instalados en tomas de agua, plantas de filtración y en la salida de los pozos, midiendo así la cantidad de agua extraída. Para aquellas facilidades que no cuentan con metros de flujos, éste valor es estimado, ya sea por la capacidad de la bomba de extracción (si aplica) o la capacidad de producción de la planta. Se estima que la producción de agua para el 2010 fue de 536 millones de galones diarios (MGD).

La AEE utiliza diferentes fuentes de agua para suplir las necesidades de agua potable y generación de electricidad. A continuación se desglosan las fuentes por central:

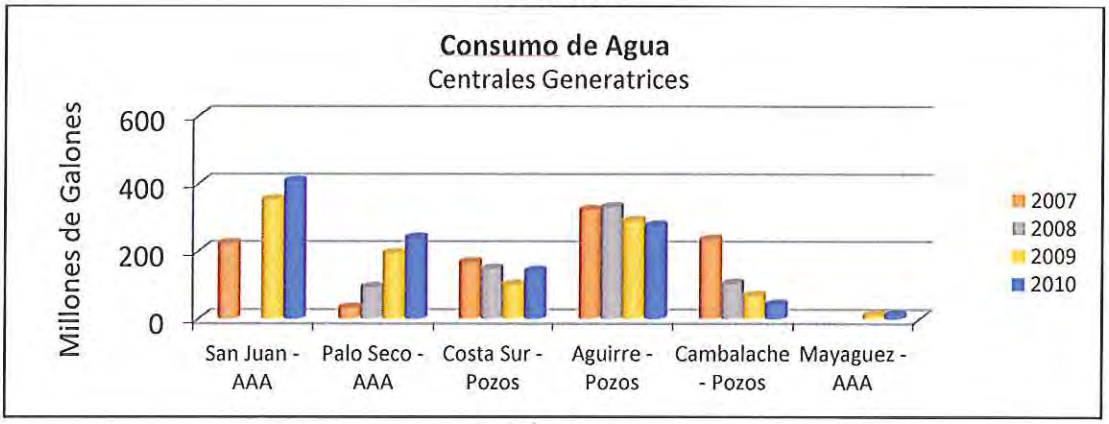
TABLA 4: FUENTES DE AGUA			
Central	Fuente		
	Agua de proceso	Agua potable	Agua de mar
Aguirre	Pozo	Pozo	Bahía de Jobos
Costa Sur	Pozo	Pozo	Bahía Guayanilla
Palo Seco	Acueductos	Acueductos	Bahía San Juan
San Juan	Acueductos	Acueductos	Bahía San Juan
Cambalache	Pozo	Acueductos	No aplica
Mayagüez	Acueductos	Acueductos	No aplica

La extracción de agua dulce se mide mediante metros instalados o por diferencia de niveles potencio métricos. En el caso del agua de mar, se obtiene el galonaje total de extracción de agua mediante la capacidad de flujo de las bombas de circulación que son las que extraen el agua de mar. Esto tiene una capacidad fija de galones por hora y, a base del tiempo de operación, se calcula el galonaje total por día. El caudal que se extrae de agua de mar se utiliza para propósitos de enfriamiento (condensación del vapor en el condensador) y se descarga al ambiente a una temperatura más alta (aguas termales). Esta agua para enfriamiento no entra en contacto con aguas de proceso ni se consume. El sistema es de un sólo paso (once-through) cuyo flujo de succión adquiere temperatura y descarga el mismo flujo al cuerpo de agua.

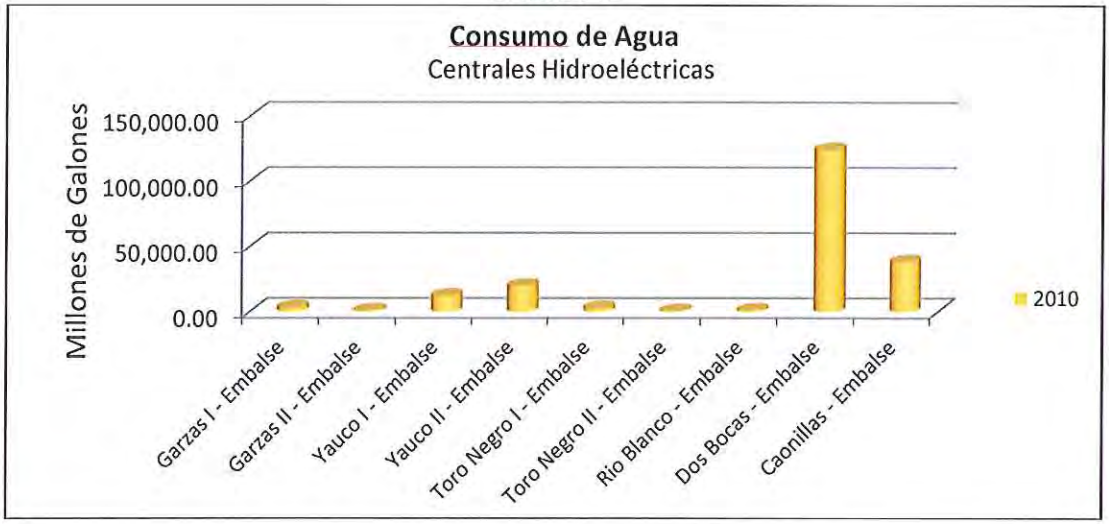
La tabla a continuación indica la cantidad de galones de agua que se utilizaron en las centrales generatrices desde el 2007 al 2010, por fuente.

TABLA 5: USO DE GALONES DE AGUA DE 2007 A 2010					
Central	Fuente	Millones de Galones			
		2007	2008	2009	2010
San Juan	AAA	222.01[2]	No disponible	352.25	406.9
	Bahía de San Juan	201,164.34	187,902.04	194,187.4	183,822.55
Palo Seco[3]	AAA	32.08	93.02	193.4	239.2
	Bahía Boca Vieja	3,716.78	36,396.43	133,078.6	220,719.6
Costa Sur	Pozo	166.06	147.58	99.94	140.91
	Bahía Guayanilla	259,535.30	246,291.21	189,173.4	215,353.62
Aguirre	Pozo	321.94	329.94	288.96	275.6
	Bahía de Jobos	217,955.20	202,810.5	222,196	205,743
Cambalache	Pozo	233.64	103.86	68.38	43.23
Mayagüez	Acueductos	N/A	No disponible	12	13.2

GRÁFICA 4

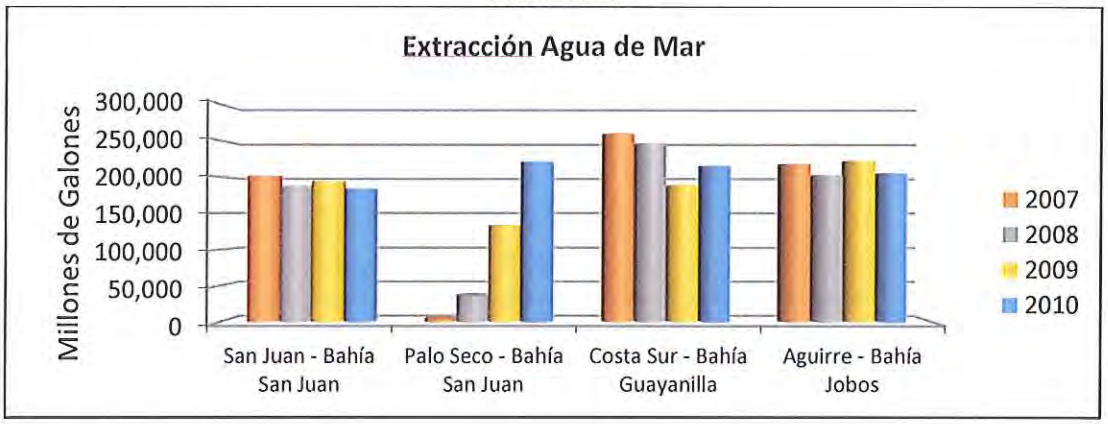


GRÁFICA 5



[2] Cantidad que consta de la producción de la planta desmineralizadora, regeneraciones y consumo de agua en las torres de enfriamiento.
[3] La Central Palo Seco estuvo fuera de servicio durante el 2007 y operó parcialmente durante el 2008.

GRÁFICA 6



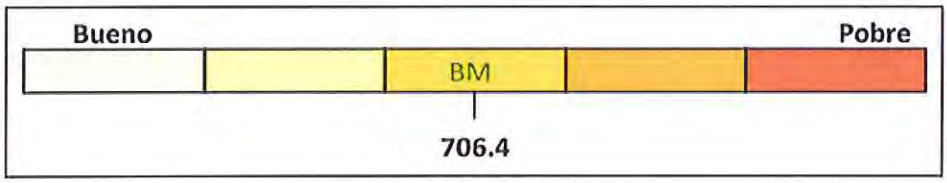
Análisis

Durante el periodo presentado en este informe (2007 – 2010) se destaca el hecho de que el consumo de agua fresca aumentó en las centrales del norte (San Juan y Palo Seco). Esto obedece a que la Central Palo Seco alcanzó su nivel de producción energética normal y la Central San Juan operó por mayor tiempo las Unidades 5 y 6. Sin embargo disminuyó el consumo en la Central Aguirre debido a la condición del acuífero del sur y la manera de operar la central en la red de la AEE (regulación de carga). Las Centrales Cambalache y Mayagüez operaron menos tiempo debido a que utilizan destilado liviano 2, el cual es más costoso.

La extracción de agua de mar fluctuó para el 2010 en todas las instalaciones. Disminuyó levemente para la Central San Juan y el Complejo Aguirre, manteniéndose en los niveles históricos típicos. Para el caso de la Central Costa Sur, la extracción de agua de mar aumentó en comparación con el 2009. En el caso de la Central Palo Seco aumentó significativamente, debido a que alcanzó su nivel de producción energética normal.

La tendencia que muestra el indicador para el 2010 en la extracción de agua fresca, cuya fuente es la AAA o pozo, es variable y requiere ver cada caso en sus méritos. Cualquier incremento reflejado en la Central San Juan se debe a la operación de las unidades SJ-5 y SJ-6. Estas utilizan agua para el proceso de generación y para el control de emisiones de NOx. La Central Palo Seco refleja un aumento el cual está asociado al retorno a operación normal de las unidades. En el caso de la Central Costa Sur, aumentó la extracción de agua fresca debido a un incremento en el despacho de las unidades generatrices. La Central Aguirre refleja una leve reducción para este año, en comparación con el año anterior, el cual se puede asociar con la variabilidad en la generación de energía eléctrica.

Benchmark



Los límites para la extracción de agua fresca de los pozos los establece el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales mediante el otorgamiento de franquicias de agua. En las franquicias se establecen los límites de extracción total por instalación y los análisis de calidad de agua requeridos para verificar posible intrusión salina o contaminación al acuífero.

Los límites para la extracción de agua de mar los establece la Agencia de Protección Ambiental federal (EPA) mediante los Permisos de Descarga (NPDES) para cada instalación. Además, la ley de Agua Limpia establece estándares, que se incluyen en los Permisos de descarga NPDES de las centrales generatrices, para evitar el entrampamiento e incrustación de especies marinas por la extracción de agua de mar.

Se utilizó como BM el dato del año 2005 (706.4mgd) como Año Base (Dato obtenido del Plan Integral de Recursos de Agua). Este dato representa las proyecciones de necesidades de producción para todos los usos de agua extractivos del País, donde se incluyen requerimientos de producción del sector servido por la AAA, residencial auto abastecido, de las industrias auto abastecidas y el sector agrícola.

Limitaciones del Indicador

La limitación que tiene este indicador es que no se cuenta con un dato que se pueda medir científicamente para el agua de mar ya que las cantidades son estimadas mediante el uso de las bombas de extracción. Además, la falta de medidores de flujo en algunas facilidades limita el que se pueda indicar la cantidad precisa de extracción en el cuerpo de agua.

Conclusión y Recomendaciones

La AEE tiene proyectos en proceso para mejorar el estado en que se encuentra el recurso de agua fresca.

Durante el año fiscal entrante la AEE estará comenzando el desarrollo del proyecto para el Complejo Aguirre que incluye la reutilización de las aguas de proceso, lo que reducirá el consumo de agua y el suplido de agua cruda al Complejo desde el Canal de Riego del Lago Patillas, reduciéndose significativamente la extracción de agua de pozos para estos fines y evitándose la extracción de agua fresca del acuífero del sur, ya que se utilizarán como sistema de resguardo. De esta manera, se está contribuyendo a que se restaure el acuífero. Este proyecto se divide en varias etapas y conlleva una planta de ultrafiltración y osmosis a la inversa. Para este proyecto se obtuvieron fondos federales asignados al *"State Revolving Fund"*, programa bajo la Ley Federal de Agua Limpia, para el 2010, administrado por la JCA.

La Central Costa Sur utiliza como fuente de agua fresca el efluente de la planta destiladora de la Cogeneradora Ecoeléctrica. Esta acción disminuyó la extracción de agua del acuífero.

Para las Centrales San Juan y Palo Seco, actualmente se analizan opciones para reutilizar las aguas de proceso, reduciendo así el consumo de agua. Este esfuerzo se completó en su etapa de diseño.

En términos de la producción de agua potable, la tendencia ha reflejado un aumento en los últimos años para cubrir el aumento de demanda que exigen los abonados. No obstante, un programa de

control de pérdidas por parte de la AAA, y el concienciar a la población sobre la conservación de agua, permitirían reducir las proyecciones de producción de agua potable.

La instalación de medidores de flujo en todas las instalaciones permitiría también determinar, con mayor precisión, la medición del flujo y así poder obtener datos más reales.

ASUNTO: USO DE SUELO
Indicador: Distribución de los Usos de Suelo (Tipo I)

Descripción del Indicador

Este indicador busca representar, en términos porcentuales o absolutos, el uso o protección que se le está dando al suelo en Puerto Rico. Se ha ordenado el mismo en los subtemas siguientes: clasificación del suelo, suelos con valor agrícola, riesgos naturales y sistemas naturales. El uso de este indicador permite ponderar los patrones de uso del suelo y sus tendencias, para así tomar decisiones racionales planificadas sobre su manejo. Además, permite reconocer aspectos vitales para el desarrollo del país tales como: grado de expansión urbana, suelos con valor agrícola y natural, áreas vulnerables a riesgos naturales y aquellos terrenos disponibles para satisfacer necesidades futuras.

Los componentes de este importante indicador presenta un panorama de los usos del suelo del país. Muestra también el manejo de los terrenos y la extensión del desarrollo urbano, al igual que la magnitud del cambio en los usos del suelo. Ofrece un cuadro del total de áreas bajo riesgo de inundación y deslizamientos, así como los suelos agrícolas y las áreas naturales necesarias para el disfrute de la población actual y futura de Puerto Rico. En resumen, este indicador permite reconocer aspectos vitales, tanto cuantitativos y cualitativos, del recurso suelo que ayudan en la planificación y la toma de medidas para reducir el impacto ambiental de este importante recurso.

Consideraciones Técnicas

La Junta de Planificación (JP), a través del Subprograma Planes de Usos de Terrenos (SPUT) y el Subprograma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), es la agencia a cargo de recopilar, manejar y suministrar los datos que alimentan este indicador. Los datos están basados en el examen de todos los municipios, tomando en consideración los instrumentos siguientes:

1. Planes de Ordenación Territorial (POT) que incluye los Planes Territoriales (PT), Planes de Ensanche (PE) y Planes de Área (PA), que estén aprobados, en revisión o elaboración.

2. Áreas de Planificación Especial (APE) y Zonas de Interés Turísticos (ZIT) delimitadas.

3. Planes Regionales (PR), de Desarrollo Integral (PDI) o Sectoriales (PS), vigentes.

4. Planes de Usos de Terrenos Especiales (PUT), vigentes.

5. Cualquier otro instrumento, tales como mapas a nivel local o regional.

Debemos destacar que el Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA) ha establecido múltiples programas de planificación y manejo de sus recursos naturales con el propósito de resolver los conflictos por la demanda de sus recursos. Dichos programas son aplicables a todo el archipiélago puertorriqueño, incluyendo las aguas costaneras bajo la jurisdicción del ELA.

La Junta de Planificación adoptó los *Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Uso de Terrenos para Puerto Rico* (OPP-PUTPR) de 1977. De esta forma se establece un marco de política pública generalizada para el manejo del suelo y de muchos de sus recursos naturales. En el año 1995, la Junta de Planificación revisó y adoptó una nueva versión del documento de OPP-PUTPR con el propósito de:

- incorporar el concepto de desarrollo integral y sostenible;
- incorporar el concepto de acción ecológicamente sustentable;
- ampliar el concepto de riesgo para añadir las inundaciones, los terrenos susceptibles a deslizamientos y fallas geológicas;
- incorporar los humedales;
- particularizar el sector turístico como una nueva Meta del Plan de Usos de Terrenos; e
- incorporar a las políticas públicas, el concepto de descentralización contenido en la "Ley de Municipios Autónomos", Ley 81-1991.

El documento de OPP-PUTPR de 1995, establece la política pública vigente del Gobierno del ELA para todo el país, estas se dividen en ocho áreas o aspectos fundamentales, a saber:

1. Metas generales sobre los usos de terrenos;
2. Metas y objetivos de política pública de desarrollo urbano;
3. Metas y objetivos de política pública del desarrollo industrial;
4. Metas y objetivos de política pública de desarrollo agrícola;
5. Metas y objetivos de política pública de turismo;
6. Metas y objetivos de política pública sobre riesgos naturales;
7. Metas y objetivos de política pública para infraestructura; y
8. Metas y objetivos de política pública de recursos naturales, ambientales y culturales.

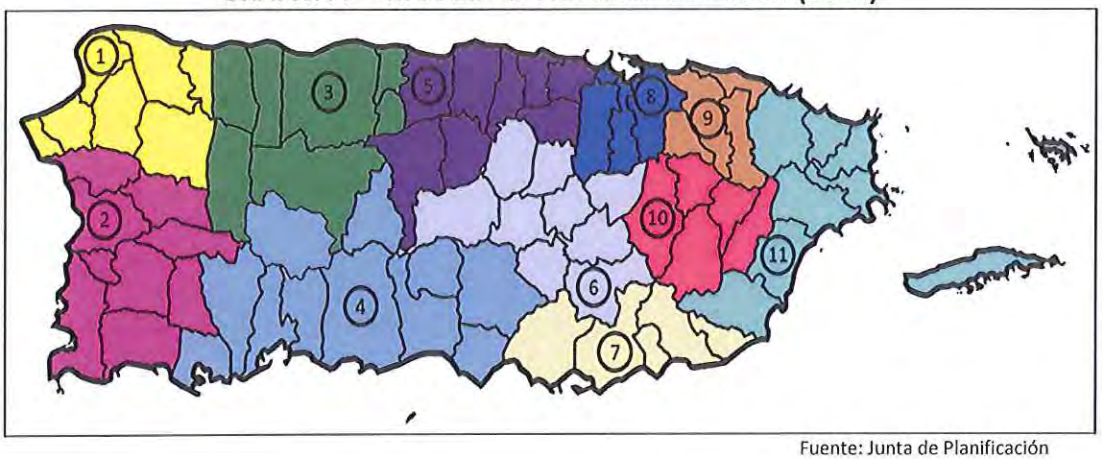
Considerando lo anterior, este indicador sobre la distribución de los usos del suelo se ha ordenado en varios subtemas teniendo como base las metas y políticas públicas de los usos del terreno vigentes. A su vez, los subtemas resaltan aspectos afines con el fin de tener elementos suficientes para la toma de decisiones relacionadas al uso del suelo.

Método de Análisis y Cobertura

La data recopilada sobre los usos del suelo es aquella clasificada como vigente o propuesta, conformándose en una de carácter aproximado, de la revisión de varios PT's y contenida en los Perfiles Regionales que se elaboran como parte de la propuesta del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico (PUT-PR) entre el 2010 a 2012. Como parte de este proceso la Junta de Planificación adopta una nueva estructura de regionalización que también nos ayude a viabilizar la implantación del Plan de Usos de Terrenos a nivel regional (PUT-R). Esta nueva estructura regional tiene como propósito principal agrupar los intereses comunes de varios municipios para poder capitalizar el potencial de los proyectos estratégicos mediante la identificación de los recursos a nivel regional. La estructura regional adoptada por la Junta, mediante la Resolución JP-2010-299, cuenta con once (11) regiones. Los municipios que componen las once (11) regiones se identifican a continuación:

TABLA 6: REGIONALIZACIÓN DE MUNICIPIOS – 2010	
Región	**Municipio**
Región 1	Aguada, Aguadilla, Añasco, Isabela, Moca, Quebradillas, Rincón y San Sebastián
Región 2	Cabo Rojo, Lajas, San Germán, Hormigueros, Mayagüez, Sabana Grande, Las Marías y Maricao
Región 3	Arecibo, Barceloneta, Camuy, Florida, Hatillo, Lares y Utuado
Región 4	Adjuntas, Coamo, Guánica, Guayanilla, Jayuya, Juana Díaz, Ponce, Santa Isabel, Peñuelas, Villalba y Yauco
Región 5	Ciales, Dorado, Manatí, Morovis, Toa Alta, Toa Baja, Vega Alta y Vega Baja
Región 6	Aguas Buenas, Aibonito, Barranquitas, Cayey, Cidra, Comerío, Corozal, Naranjito y Orocovis
Región 7	Arroyo, Guayama, Maunabo, Patillas y Salinas
Región 8	Bayamón, Cataño, Guaynabo y San Juan
Región 9	Canóvanas, Carolina, Loíza y Trujillo Alto
Región 10	Caguas, Gurabo, Juncos, Las Piedras y San Lorenzo
Región 11	Ceiba, Culebra, Fajardo, Humacao, Luquillo, Naguabo, Río Grande, Vieques y Yabucoa

GRÁFICA 7 – MODELO DE REGIONALIZACIÓN (2010)

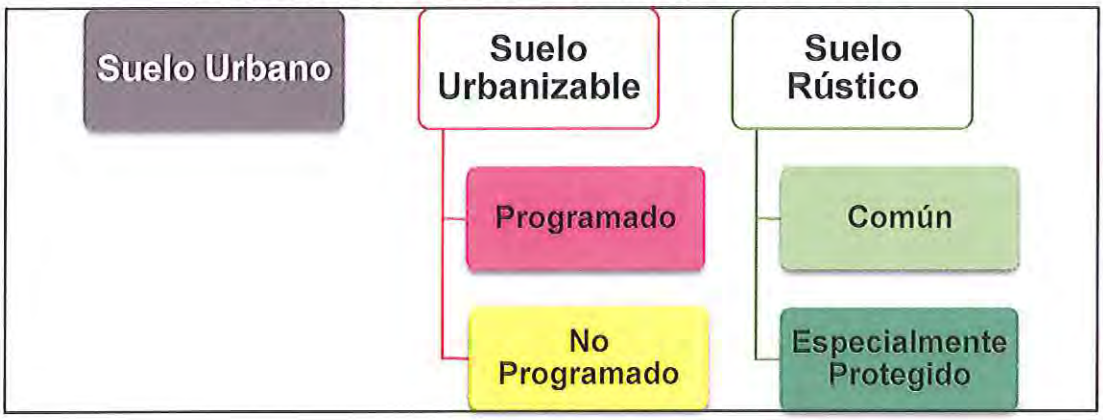


Fuente: Junta de Planificación

Clasificación de suelo

El PUT-PR clasifica todos los terrenos de Puerto Rico utilizando la estructura de clasificación establecida por la Ley de Municipios Autónomos, Ley 81-1991. La utilización de esta estructura tiene como propósito armonizar y atemperar los esfuerzos de planificación estatal con los trabajos realizados y en progreso por los municipios en sus planes de ordenación territorial. Conforme a la Ley 81-1991 esta estructura se define como sigue:

GRÁFICA 8 – ESTRUCTURA DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO



Suelo Urbano (SU): está constituido por los terrenos que cuenten con acceso vial, abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica y con otra infraestructura necesaria para el desenvolvimiento de las actividades administrativas, económicas y sociales que en estos suelos se realizan, y que estén comprendidos en áreas consolidadas por la edificación. En este tipo de suelo se llevan a cabo las actividades sociales, económicas y culturales y recreativas y cuentan con la infraestructura necesaria para dichas actividades, mientras que futuros desarrollos urbanos están destinados a realizarse en los Suelos Urbanizables.

El criterio más razonable para considerar un suelo como urbano es evaluar el grado de consolidación de la relación entre la existente red de espacios públicos (en especial atención a las vías) y los espacios parcelados y edificados que permiten una convivencia que promueva un desarrollo social y económico sustentable. Así pueden ser considerados como Suelos Urbanos aquellos espacios parcelados, aun los que no estén edificados en su totalidad u organizados en torno a calles consolidadas.

Suelo Urbanizable: está constituido por los terrenos declarados aptos para ser urbanizados a base de la necesidad de terrenos para acomodar el crecimiento del municipio en un período de ocho (8) años y cumplir con las metas y objetivos de la ordenación territorial. Esta clasificación del suelo incluye las categorías de suelo urbanizable programado y no programado.

Suelo Urbanizable Programado (SUP): Queda constituido por aquél que pueda ser urbanizado en un período previsible de cuatro (4) años, luego de la vigencia del Plan. La designación de terrenos bajo esta clasificación tiene como prioridad considerar ciertas características, tales como:

- susceptibilidad a inundaciones;

- infraestructura existente o mejorada;
- niveles de pendiente y susceptibilidad a erosión o deslizamientos; y
- riesgos naturales, entre otras.

Suelo Urbanizable No Programado (SUNP): Queda constituido por aquél que pueda ser urbanizado en un período previsible de entre cuatro (4) y ocho (8) años, luego de la vigencia del Plan. Toda conversión del suelo urbanizable no programado en suelo urbanizable programado requerirá la preparación de un Programa de Ensanche y la revisión del Plano de Clasificación de Suelo del Plan Territorial. La designación de suelos bajo esta clasificación toma en consideración las siguientes características:

- dirección del crecimiento urbano;
- tipo y calidad de los terrenos a desarrollarse;
- riesgos a la vida humana; y
- disponibilidad y/o viabilidad de crear la infraestructura necesaria para el desarrollo de los mismos, entre otras.

Suelo Rústico: está constituido por los terrenos que deben ser expresamente protegidos del proceso urbanizador por razón, entre otros, de su valor agrícola y pecuario, actual o potencial; de su valor natural; de su valor recreativo, actual o potencial; de los riesgos a la seguridad o salud pública. Dentro del suelo rústico el Plan de Usos de Terrenos establecerá dos categorías:

Suelo Rústico Común (SRC): Es aquel no contemplado para uso urbano o urbanizable en el Plan de Usos de Terrenos debido, entre otros, a que el suelo urbano o urbanizable clasificado por el Plan es suficiente para acomodar el desarrollo urbano esperado. En el Suelo Rústico Común se desarrollan actividades agrícolas y de carácter urbano sin la infraestructura correspondiente en un contexto de muy baja densidad o que representan el banco de terrenos para futuros Suelos Urbanizables. Las características que se toman en consideración para estos suelos son:

- suelos aptos o con valor para la agricultura y la ganadería;
- suelos innecesarios para atender las expectativas del crecimiento urbano en un futuro previsible de ocho (8) años; y
- suelos con valor recreativo y natural.

Suelo Rústico Especialmente Protegido (SREP): Es aquel no contemplado para uso urbano o urbanizable en el Plan de Usos de Terrenos, y que por su especial ubicación, topografía, valor estético, agrícola, arqueológico o ecológico, recursos naturales únicos u otros atributos, se identifica como un terreno que nunca deberá utilizarse como suelo urbano. Entre las características consideradas para identificar suelos que deben ser especialmente protegidos podemos mencionar:

- valor natural, ecológico, paisajista, arqueológico, recreativo (actual o potencial), forestal;
- los riesgos que puedan representar a la salud y seguridad de los ciudadanos (incluyendo suelos propensos a deslizamientos);
- el reconocimiento de recursos de flora y fauna en peligro de extinción;

- la ubicación de estructuras y/o restos de valor histórico y/o cultural;
- la protección de los recursos hidrológicos en cuencas de ríos, quebradas y sumideros; y
- mangles, humedales y recursos costeros (incluyendo playas), entre otros.

Como regla general, el PUT-PR establecía zonas de amortiguamiento a lo largo de los cauces de los ríos principales de Puerto Rico. Con un ancho mínimo de 7.5 metros, estos terrenos se identificaron como Suelo Rústico Especialmente Protegido dada la importancia del río o el cuerpo de agua para la conservación y el abastecimiento de agua en la cuenca hidrográfica y el recurso ecológico que representa para la región.

De igual manera, los suelos de alto valor agrícola, particularmente aquellos identificados como parte de un corredor agrícola han sido identificados como suelos rústicos. Como regla general, los suelos calificados como AR-1 y AR-2 han sido clasificados como Suelo Rústico Especialmente Protegido para mantenerles libre del proceso urbanizador. Sin embargo, en el caso que se identificó asentamiento de impacto significativo existente en suelos calificados AR-1 y AR-2, los mismos se clasifican como Suelo Rústico Común para asegurar la continuidad de corredores y recursos.

Suelos desarrollados

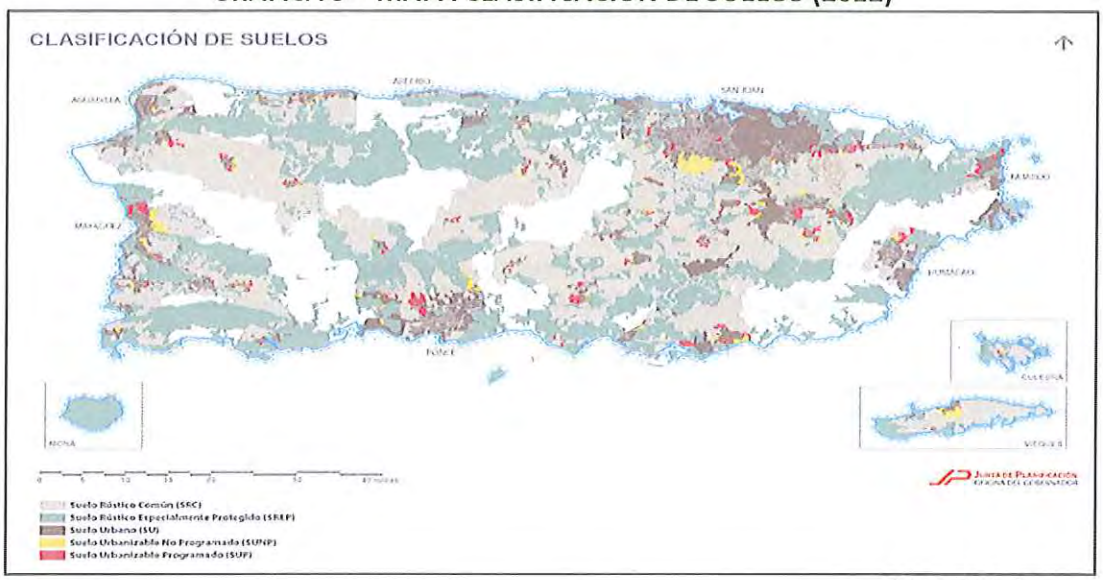
Las políticas aplicables al desarrollo urbano conforme a los *Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Uso de Terrenos para Puerto Rico* (OPP-PUTPR) de 1995 son las siguientes:

TABLA 7: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE DESARROLLO URBANO	
META - *Propiciar comunidades, pueblos y ciudades densas, compactas y atractivas que permitan el uso intensivo de los terrenos dentro de los perímetros urbanos, logrando una mayor eficiencia en la instalación y operación de los servicios y facilidades públicas y facilitando el movimiento rápido y seguro de la población al hacer viable los medios de transportación colectiva y mejorando la calidad de vida urbana.*	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
1.00	Ordenar y guiar el crecimiento físico-espacial de las áreas urbanas.
2.00	Intensificar el uso de los terrenos en las áreas urbanas.
3.00	Mejorar el diseño de las comunidades, pueblos y ciudades y de sus distintos componentes, centros urbanos tradicionales, comercios, instituciones y residencias, de manera que sean instrumento para mejorar la calidad de vida de los habitantes y sean lugares atractivos para residir, trabajar y para la convivencia social.
4.00	Fomentar un proceso de planificación integral que propicie una mejor utilización del recurso tierra, conservando los recursos naturales, revitalizando los centros urbano, protegiendo la calidad del ambiente y proveyendo vivienda y servicios asociados a un costo razonable para la población, en continua coordinación entre la planificación central, regional y municipal.
META - *Ubicar nuestros desarrollos industriales en lugares que permitan el desarrollo de aquellos terrenos que por su localización, sus características o por los servicios e infraestructura que cuentan, mejor se adapten a este uso, en armonía con los objetivos generales de lograr la utilización plena y juiciosa de todo el potencial de la tierra y de los recursos naturales, de lograr*	

TABLA 7: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE DESARROLLO URBANO	
una distribución de los beneficios del desarrollo entre los distintos municipios y sectores geográficos del país y crear y mantener las condiciones bajo las cuales el hombre y la naturaleza puedan coexistir en armonía productiva.	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
5.00	Concentrar los desarrollos industriales en los terrenos más apropiados para este uso y promover, a su vez, el uso más intensivo posible de esos terrenos.
6.00	Descentralizar el desarrollo industrial proveyendo en lo posible un parque industrial liviano en cada municipio, parques regionales en los distintos sectores del país y permitiendo en la zona rural aquellas industrias de pequeña escala que estén relacionadas con el desarrollo socio-económico de la ruralía.

TABLA 8: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA INFRAESTRUCTURA	
META - *Desarrollar la infraestructura para lograr una expansión y solidez socioeconómica que estimule la relación armoniosa y la complementariedad [sic] entre las regiones del país y la proyección de éste en el exterior, utilizando la programación y la construcción de la infraestructura como uno de los instrumentos que, ligados a la planificación de usos de terrenos, sirva para ordenar y promover el desarrollo integral del país.*	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
20.00	Promover infraestructura para atender el problema de escasez relativa al agua potable y estimular el manejo eficiente de este recurso de agua para mejorar la calidad de vida
21.00	Satisfacer las necesidades de la población proveyendo una infraestructura de plantas de tratamiento de aguas residuales con la capacidad de brindar un servicio eficiente
22.00	Dirigir la infraestructura sobre energía eléctrica de modo que estimule y propicie una política energética hacia la cogeneración y diversificación de la producción de energía
23.00	Promover un sistema de transportación que propicie la implantación de un sistema multimodal integrado, balanceado y competitivo con capacidad de crecer y desarrollarse
24.00	Promover la implantación de sistemas de manejo y disposición de desperdicios o residuos sólidos que incluya un inventario preciso y abarcador de la cantidad de estos desperdicios que se generan en la Isla
25.00	Desarrollar un plan para el manejo y disposición de desperdicios tóxicos y peligrosos que incluya un inventario preciso y abarcador de la cantidad de desperdicios tóxicos y peligrosos que se generan en la Isla, ubicación de centros para la recuperación, reciclaje y disposición de estos desperdicios
26.00	Promover una infraestructura de telecomunicaciones moderna, confiable, amplia y segura para los enlaces de telecomunicaciones y una moderna red digital por toda la Isla, que contribuya a propulsar el desarrollo económico y social de Puerto Rico
27.00	Identificar el servicio telefónico y sus vertientes como uno de los elementos esenciales de la infraestructura de Puerto Rico, con el fin de desarrollar una economía e industria a tono con el presente y el futuro
28.00	Utilizar la programación y construcción de la infraestructura de las telecomunicaciones como componente esencial en la planificación del uso del terreno que sirva para guiar el desarrollo integral

GRÁFICA 9 – MAPA CLASIFICACIÓN DE SUELOS (2012)

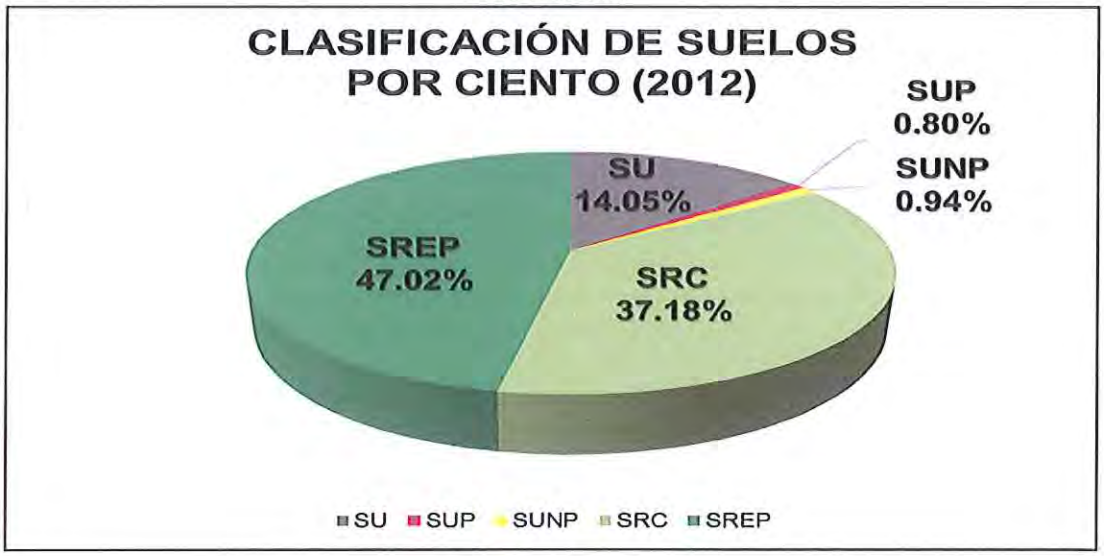


Fuente: Junta de Planificación

TABLA 9: CLASIFICACIÓN DE SUELOS (2012)			
Clasificación	**Vigente 2012 (Cuerdas)**	**Por ciento Clasificado**	**Por ciento Puerto Rico**
SU	272,887.63	14.05%	11.99%
SUP	15,574.18	0.80%	0.68%
SUNP	18,221.88	0.94%	0.80%
SRC	722,172.13	37.18%	31.74%
SREP	913,252.97	47.02%	40.14%
TOTAL CLASIFICADO	1,942,108.79		85.36%
TOTAL NO CLASIFICADO	332,975.04		14.64%
TOTAL PR	2,275,083.83		100%

Fuente: Junta de Planificación, datos aproximados del PUT-PR 2012.

GRÁFICA 10



Análisis

Partiendo de los datos recopilados al 2012 para los Perfiles Regionales del propuesto PUT-PR, estaban clasificadas aproximadamente 1,942,108.79 cuerdas, representando el 85.36% del suelo total en la Isla. El restante 14.64% del suelo se encuentra en proceso de clasificar como parte de la elaboración de los PT y la eventual culminación del PUT-PR.

El suelo desarrollado o destinado a desarrollarse, está basado en el análisis de la data disponible de los municipios con PT, consiste de la clasificación de Suelo Urbano (SU) y en los Suelos Urbanizables. El SU incluye los terrenos que están completamente desarrollados en las áreas urbanas o aquellas porciones fuera de los mismos considerados como espacios parcelados, aun los que no estén edificados en su totalidad u organizados en torno a calles consolidadas, pero que tienen las características y estén fuera del área urbana principal. El SU comprende unas 272,887.63 cuerdas, representando un 14.05% del suelo clasificado y un 11.99% de toda la Isla. El suelo urbanizable consta del Suelo Urbanizable Programado (SUP) y del Suelo Urbanizable No Programado (SUNP), clasificados como SUP unas 15,574.18 cuerdas y como SUNP unas 18,221.88 cuerdas, representando respectivamente un 0.80% y 0.94% del suelo clasificado, siendo a su vez un 0.68% y 0.80% del total de la Isla.

Los terrenos que deben ser expresamente protegidos del proceso urbanizador por razón, entre otros, de su valor agrícola y pecuario, actual o potencial; de su valor natural; de su valor recreativo, actual o potencial; de los riesgos a la seguridad o salud pública, son aquellos clasificados como Suelo Rústico, subdividido en Suelo Rústico Común (SRC) y Suelo Rústico Especialmente Protegido (SREP). Como SRC se han clasificado 722,172.13 cuerdas, representado un 37.18% del suelo clasificado y un 31.74% de toda la Isla. Se han clasificado como SREP 913,252.97 cuerdas, para un 47.02% del suelo clasificado y un 40.14% de toda la Isla.

Conclusión y recomendación

Si se hubiesen incluido todas las áreas desarrolladas ubicadas en sectores rurales y todas las construcciones realizadas, el porciento del SU sería mayor. Sin embargo, por mucho tiempo ha sido una tendencia continua el que las áreas de alto valor agrícola y las de valor natural no protegidas se vieran reducidas ante el avance de los proyectos de desarrollo de forma desparramada. Sobre todo, los proyectos residenciales y comerciales están ocupando terrenos valiosos en distintos lugares de la Isla que, en el pasado, se utilizaban para la producción agrícola.

En aras de garantizar la permanencia de suficientes terrenos para todos los usos, sigue siendo una necesidad urgente el que se tomen medidas más asertivas para detener y revertir esa tendencia. Al menos, debe considerarse el redesarrollo de suelos ya impactados por otras actividades de índole urbana o industrial.

Suelos con valor agrícola

El Censo de Agricultura es la principal fuente estadística sobre la producción agrícola de Puerto Rico y la única fuente de información cotejable y consistente a nivel de municipio. En Puerto Rico, entidades como el Departamento de Agricultura, usan los datos del censo para estimar las pérdidas ocasionadas a la agricultura por desastres naturales tales como huracanes, inundaciones, sequías, plagas y epidemias.

Las políticas aplicables a la actividad agrícola conforme a los *Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Uso de Terrenos para Puerto Rico* (OPP-PUTPR) de 1995 son las siguientes:

TABLA 10: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE DESARROLLO AGRÍCOLA	
META - *Desarrollar actividad agrícola en todos aquellos terrenos con potencial para ese uso, con el fin de desarrollar la mayor autosuficiencia posible en la producción de nuestros alimentos, aplicando técnicas modernas comprobadas en la práctica que permitan precios razonables para el consumidor, ganancias atractivas para los agricultores y jornales justos para los trabajadores a la vez que se utilizan al máximo los recursos naturales de clima, suelo y agua sin deterioro a los mismos.*	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
7.00	Fomentar y mantener la agricultura como actividad principal en el uso de los terrenos disponibles con el potencial para ese uso, promoviendo aquellos programas y medidas necesarias para hacer viable esa actividad.
8.00	Ubicar el desarrollo de la infraestructura requerida para estimular y fomentar el cultivo de aquellos terrenos con potencial agro-industrial que no se estén aprovechando plenamente por falta de servicios tales como: riego, accesos, sistemas de mercadeo y otros.
9.00	Retener hasta donde sea posible en uso agrícola los terrenos aptos para la producción de cosechas y productos animales, protegiéndolos de las prácticas y actividades que merman innecesariamente el potencial de desarrollo de la agricultura.
10.00	Fomentar la práctica de medidas y programas orientados a la preservación de los suelos a los fines de evitar la erosión, proteger la productividad de los terrenos y provocar el

TABLA 10: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE DESARROLLO AGRÍCOLA
menor impacto adverso en la calidad de nuestros abastos de agua y deterioro de otros recursos naturales como consecuencia de la actividad agrícola.

La Zonificación Especial para las Reservas Agrícolas de Puerto Rico está incluida en el *"Reglamento Conjunto de Permisos Para Obras de Construcción y Usos de Terrenos"*-Reglamento de Planificación Número 31 con vigencia del 29 de noviembre de 2010-Tomo V, Capitulo 31 Zonificación Especial para las Reservas Agrícolas de Puerto Rico. Los distritos agrícolas especiales establecidos son:

- AR-1, Agrícola en Reserva Uno –Clasificar Sectores de gran productividad o potencial agrícola (capacidad I al IV).
- AR-2, Agrícola en Reserva Dos -Clasificar áreas de productividad o de gran potencial agrícola cuya continuidad en uso agrícola se promueve. (Capacidad I al VII).
- PR, Preservación de Recursos -Clasificar y designar áreas específicas que constituyen recursos naturales cuya condición es única, frágil, en peligro de extinción y que es necesario proteger para la contemplación y el estudio científico.
- CR, Conservación de Recursos -Identificar porciones de fincas cuyas características existentes deben mantenerse y mejorarse.
- CR-H, Conservación y Restauración de Recursos Históricos -Identificar terrenos o propiedades que constituyen valores naturales, ecológicos, históricos, arquitectónicos o culturales.
- AD, Áreas Desarrolladas -Identificar las áreas no urbanas que han sido pobladas o desarrolladas.
- DS, Desarrollo Selectivo –Identificar áreas donde existe un potencial de desarrollo futuro pero con limitaciones severas naturales o de disponibilidad de infraestructura.

Los terrenos con valor agrícola, de acuerdo al Subprograma de Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) de la Junta de Planificación, son 612,965 cuerdas. Los terrenos con valor agrícola incluyen los de capacidad agrícola de 1-4. Esta definición la establece el Departamento de Agricultura Federal para aquellos terrenos con alto valor agrícola y que tienen pendientes que facilitan la utilización de maquinaria agrícola. El total de cuerdas agrícolas en producción alcanzó la cifra de 557,532 en de acuerdo al Censo Federal de 2007.

TABLA 11: FINCAS Y TERRENOS CON PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CENSO AGRÍCOLA 1993 A 2007				
Censo Agrícola	**1993**	**1998**	**2002**	**2007**
Fincas con producción agrícola	22,350	19,951	17,659	15,745
Terrenos de fincas agrícolas (cuerdas)	826,893	865,478	690,687	557,532
Aumento o pérdida de terrenos (cuerdas)		38,585	(174,791)	(133,155)
Cambio porcentual		4.46%	-25.31%	-23.88%

Fuente: Census of Agriculture, USDA, National Agricultural Statistics Service

GRÁFICA 11

Fuente: Census of Agriculture, USDA, National Agricultural Statistics Service

TABLA 12: RESERVAS AGRÍCOLAS APROBADAS Y EN PROCESO (2012)				
Reserva Agrícola	**Ley**	**Municipios**	**Adopción**	**Área en cuerdas**
Valle de Lajas (en Revisión)	Ley 277-1999 20/8/99	Cabo Rojo, Guánica, Lajas, Sabana Grande, Yauco	JP-RP-28-2003 5/12/2003	43,368.62
Valle del Coloso	Ley 142-2000 4/8/00	Aguada, Aguadilla, Moca	JP-RP-28-2003 5/12/2003	3,182.48
Valle de Guanajibo	Ley 184-2002 17/8/02	Cabo Rojo, Hormigueros, San Germán	JP-RP-28-2003 5/12/2003	9,554.00
Reserva Agrícola de Vega Baja	Ley 398-2004 22/9/04	Vega Baja (y Vega Alta)	JP-RA-09-2012	3,390.85
Reserva Agrícola Don Amparo Güisao Figueroa	Ley 18-2006 23/1/06	Maunabo	JP-RA-74-2012	1,116.29
Reserva Agrícola de Yabucoa	Ley 49-2009 3/8/09	Yabucoa	JP-RA-75-2012 13/06/2012	7,177.76

TABLA 12: RESERVAS AGRÍCOLAS APROBADAS Y EN PROCESO (2012)				
Reserva Agrícola	Ley	Municipios	Adopción	Área en cuerdas
Reserva Agrícola Corredor Agrícola de la Costa Sur	Ley 242-2008 9/08/2008	Arroyo, Guayama, Guayanilla, Peñuelas, Juana Díaz, Patillas, Ponce, Sabana Grande, Salinas, Santa Isabel, Yauco	En proceso de Vista Pública JP	59,830.18
Total de suelos con reservas agrícolas (aprobadas y propuestas)			127,620.18	
Total de suelos identificados con valor agrícola			612,965.00	
Total de suelos con producción agrícola (Censo Agrícola 2007)			557,532.00	

Análisis

Los datos del Censo Agrícola indican que Puerto Rico en casi 10 años tuvo una merma de unas 307,946 cuerdas de tierras con productividad agrícola, representando una reducción aproximada de un 35.58% . El Censo Agrícola de 1998 informó que 865,478 cuerdas tenían producción agrícola, representando un aumento de 38,585 cuerdas en relación a las informadas en el Censo Agrícola de 1993 con 826,893 cuerdas, un incremento de un 4.46%. El Censo Agrícola de 2002 informó una merma considerable de terrenos con producción agrícola de 690,687 cuerdas, unas 174,791 cuerdas menos, representado una reducción de 25.31%. El Censo Agrícola de 2007 informó otra baja en terrenos con producción agrícola de 557,532 cuerdas, unas 133,155 cuerdas menos, representando otra reducción de 23.88%.

Considerando la extensión territorial de la isla, la reducción de 307,946 cuerdas de terrenos aptos para la producción de alimentos es motivo de preocupación. Es por eso que es imprescindible que se tomen medidas adecuadas para proteger las tierras agrícolas del país. La seguridad alimentaria del país debe ser considerada como prioridad para elaborar los planes de uso y los de ámbito territorial en proceso de implantación. El total de cuerdas situadas en las reservas agrícolas designadas y propuestas hasta enero de 2013 era de 134,400.71 cuerdas, representando el 24.11% de las tierras con producción agrícola y 21.93% del total de suelos identificados con valor agrícola, que son aproximadamente unas 612,965 cuerdas, que a su vez representan el 26.94% del total de cuerdas de Puerto Rico. Los Planes Territoriales Municipales protegen también las áreas agrícolas mediante clasificaciones de Suelo Rústico Común (SRC) y Suelos Rústico Especialmente Protegido (SREP), en conjunto con calificaciones de distritos agrícolas (A-P y A-G)[4] y otras calificaciones especiales.

Conclusión y recomendaciones

Debemos enfocar nuestro mayor esfuerzo a prevenir que siga la tendencia observada durante años donde extensiones considerables de tierras de valor agrícola, tanto de llanos como mecanizables, sigan desapareciendo o mermando su productividad. La recesión que ha experimentado el país en los últimos tiempos ha desacelerado posiblemente el ritmo con que ha venido reduciéndose la cantidad de terrenos agrícolas ante el auge en la construcción de viviendas y complejos comerciales.

[4] Distrito Agrícola Productivo (A-P) y Distrito Agrícola General (A-G), conforme al *Reglamento Conjunto de Permisos para Obras de Construcción y Usos de Terrenos*, Junta de Planificación, 2010.

Sin embargo, no se puede bajar la guardia, pues es muy probable que una vez termine la recesión se reanude la tendencia.

Cada vez son más las voces de alerta que se levantan contra la excesiva dependencia del país de la importación de alimentos. Una dependencia que no es en nada saludable, tomando en consideración que una crisis mundial que afecte el suministro desde los países exportadores, pondrá en riesgo la disponibilidad de alimentos para la población, con todas las implicaciones que eso conlleva. Otra razón de mucho peso por la que se debe atender esta situación con premura es la crisis alimentaria que, según la Organización de las Naciones Unidas, amenaza a gran parta de la población mundial.

Amerita, por lo tanto, que en la elaboración de los planes de usos de terrenos, tanto en el ámbito regional como municipal, se dé prioridad al rescate y la conservación de más terrenos agrícolas y se promueva su utilización para la producción de los víveres que pueden sustituir las importaciones. De no tomarse las acciones necesarias, se pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo del país y se pone en precaria los recursos que necesitan las próximas generaciones de puertorriqueños para su sostenimiento.

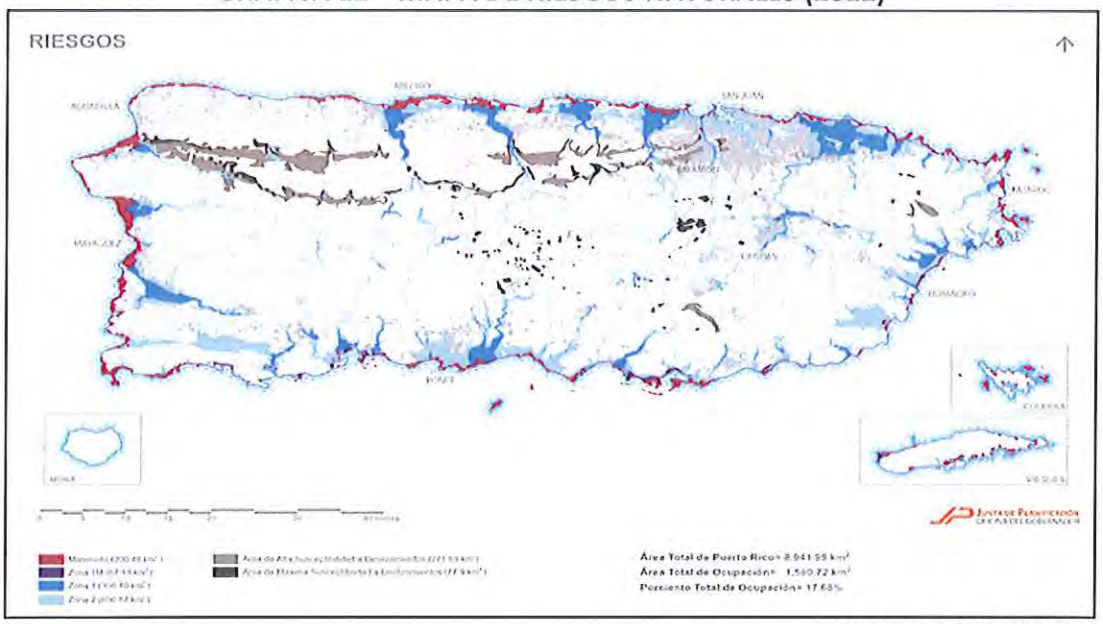
Riesgos naturales

Los riesgos naturales se definen como las probabilidades de que un territorio y la sociedad que habita en él, se vean afectados por episodios naturales de rango extraordinario. En el caso de un archipiélago tropical como el de Puerto Rico estos incluyen los riesgos asociados a fenómenos climatológicos como lo son los huracanes, las inundaciones, los deslizamientos y aquellos asociados a la actividad sísmica, incluyendo tsunamis.

Las políticas aplicables a riesgos naturales conforme a los *Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Uso de Terrenos para Puerto Rico* (OPP-PUTPR) de 1995 son las siguientes:

TABLA 13: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA SOBRE RIESGOS NATURALES	
META - *Reducir a un mínimo el peligro de pérdida de vida y los daños materiales en el país como consecuencia de las inundaciones, terrenos susceptibles a deslizamientos, fallas geológicas, las marejadas y otros riesgos naturales y, a la vez, reconocer y desalentar aquellos usos del terreno y aquellas actividades que no son compatibles con estas condiciones.*	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
15.00	Identificar los riesgos de inundaciones, deslizamientos, fallas geológicas y marejadas en los planes regionales, planes de ordenación y demás documentos de planificación física.
16.00	Proteger la población que actualmente reside en zonas susceptibles a inundaciones o en las áreas afectadas por la acción de la marejada.
17.00	Desalentar el desarrollo de terrenos y la construcción de estructuras para la expansión urbana en zonas inundables a menos que se provean obras de control de inundaciones que garanticen la protección de la vida y la propiedad y los recursos naturales y ambientales.
18.00	Promover el desarrollo agrícola en las áreas inundables con potencial para ese uso.
19.00	Apoyar la construcción de obras de control de inundaciones donde se estime necesario dirigidas a obtener mayor producción agrícola en beneficio del país.

GRÁFICA 12 – MAPA DE RIESGOS NATURALES (2012)



Fuente: Junta de Planificación

Suelos bajo riesgo de inundaciones

Las inundaciones por causa del desborde de ríos, quebradas u otros cuerpos de agua, así como por causa de marejadas en los terrenos costeros, es el evento de riesgo natural más común en Puerto Rico. Riesgos naturales tales como los huracanes, tormentas, así como otras condiciones climatológicas, como las vaguadas, ondas, frentes fríos provocan problemas de inundaciones, los cuales básicamente ya no se limitan únicamente a la temporada de huracanes entre los meses de junio y noviembre, sino además, durante el año podemos sentir el efecto de algunos de estos eventos en cualquier momento. Los cada vez más frecuentes eventos de fuertes lluvias que se han experimentado durante los últimos años han puesto en evidencia que existen muchas áreas que son afectadas por inundaciones a lo largo de toda la isla. Afortunadamente son muy poco frecuentes las pérdidas de vida, siendo su contraparte los daños a propiedades, infraestructura y cultivos que ascienden cada año a millones de dólares.

La Junta de Planificación es la agencia con la responsabilidad de preparar reglamentación y mapas para el control de edificaciones en zonas susceptibles a inundaciones en el país. A tenor con esa facultad, la Junta de Planificación adoptó los Mapas sobre Tasas del Seguro de Inundación (FIRM, por sus siglas en inglés), preparados por la Agencia Federal sobre Manejo de Emergencias (FEMA), con fecha de efectividad del 19 de abril de 2005, adoptados mediante resolución el 8 de abril de 2005 en conjunto con las enmiendas de la 6ta Revisión al Reglamento de Planificación Núm. 13, conocido ahora como el *"Reglamento de Planificación sobre Áreas Especiales de Riesgo a Inundación"*. Dichos mapas sustituyen los Mapas de Zonas Susceptibles a Inundación de Puerto Rico cuya base de información y los instrumentos y metodología para su preparación eran obsoletos. Los mapas y reglamento fueron revisados nuevamente en el 2009 y adoptados por la Junta de Planificación el 30 de septiembre de 2009, con fecha de efectividad de los mapas el 18 de noviembre de 2009 y del Reglamento de Planificación Núm. 13 al 7 de enero de 2010.

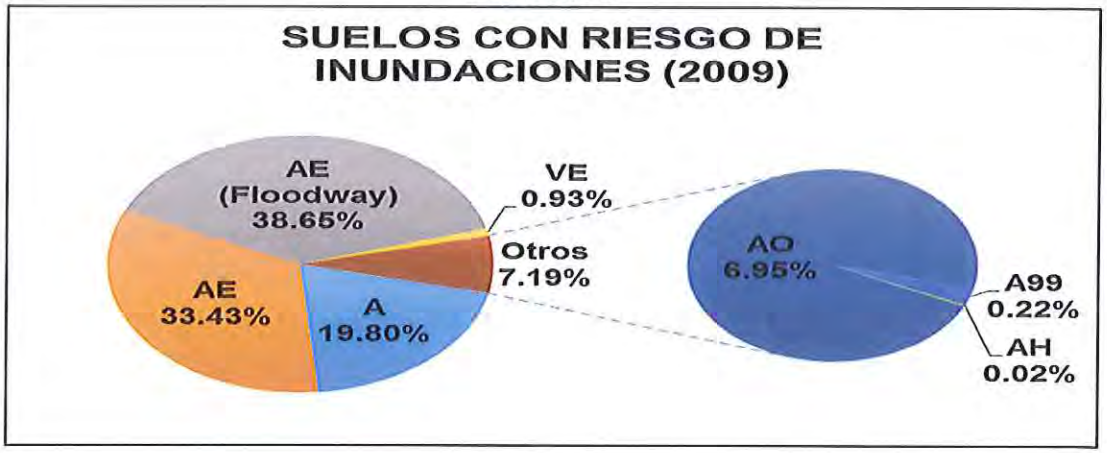
El Plan de Modernización de Mapas de la FEMA proveyó recursos para convertir los FIRM en mapas digitales conocidos también como DFIRM, con una base de fotos digitales aéreas. Como parte importante de dicho plan, los Estudios sobre el Seguro de Inundación que identifican por zonas las áreas de riesgo a inundación en dichos mapas han comenzado a ser revisados con la mejor tecnología disponible, lo cual permitirá tener instrumentos con información confiable para tomar decisiones no solo en términos de la administración de los valles inundables, sino en la prevención y manejo de emergencias. Además, se proveerá un mejor servicio a la ciudadanía en general ya que los mismos pueden ser accedidos por la red cibernética http://msc.fema.gov. Estas zonas son las siguientes:

TABLA 14: ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN	
Zona	**Descripción**
A	Área de riesgo de inundación con periodo de recurrencia de 100 años, determinado por métodos aproximados y para la cual no se ha determinado la elevación de la inundación base
AE	Áreas Especiales de Riesgo a inundación con el 1% de probabilidad determinado por determinados métodos específicos
AE (Floodway)	Incluye los terrenos que ubiquen dentro de los límites del cauce mayor
VE	Áreas costeras de alto peligro por inundación de marejada con un 1% de probabilidad cada año con velocidad y energía alto o marejada ciclónica para la cual se ha determinado la elevación de la inundación.
A99	Áreas Especiales de Riesgo del 1% de probabilidad que sería protegido por algún proyecto para el control de inundaciones el cual espera por algunos requisitos legales.
AH	Áreas Especiales de Riesgo a inundación con el 1% de probabilidad determinado por determinados métodos específicos y que su profundidad base puede variar entre 1 a 3 pies relacionada con aguas estancadas
AO	Áreas Especiales de Riesgo a inundación con el 1% de probabilidad determinado por determinados métodos específicos donde su elevación se determina por un análisis hidráulico destallado.

Fuente: FEMA *Map Service Center*, 2012

TABLA 15: ESTIMADO DE SUELOS BAJO RIESGO DE INUNDACIONES (2009)			
Clasificación de Zonas FIRM	**FIRM 2009 (Cuerdas)**	**Por ciento FIRM 2009**	**Por ciento Bajo Riesgo PR**
A	47,326.45	19.80%	2.080%
AE	92,406.68	33.43%	3.512%
AE (Floodway)	79,908.75	38.65%	4.062%
VE	16,626.46	0.93%	0.098%
A99	524.84	0.22%	0.023%
AH	38.72	0.02%	0.002%
AO	2,230.55	6.95%	0.731%
TOTAL	239,062.45	100%	10.508%
TOTAL PR	2,275,083.83		

GRÁFICA 13



Análisis

La cantidad del suelo como Áreas Especiales de Riesgo a Inundación en Puerto Rico se estima según FIRM en unas 239,062.45cuerdas, las que están clasificadas como zonas de alto riesgo: A, AE, CAUCE MAYOR (Floodway) y VE; y zonas de bajo riesgo: A99, AH y AO. Esto equivale aproximadamente a un 10.51% del total del territorio de la isla. Conforme a los datos disponibles del 2009, se estima que en 236,268.34 cuerdas relacionadas al cauce de los ríos y cuerpos de agua con alto riesgo de inundaciones, la Zona de Cauce Mayor representa unas 79,908.75 cuerdas y en suelos clasificados como Zona A unas 47,326.45 cuerdas. Están en riesgo de inundaciones costeras por marejadas los suelos clasificados como Zona VE estimados en unas 16,626.46 cuerdas impactando terrenos costeros. Es importante destacar que en el informe de 2010 se indicó una cantidad menor de terrenos propensos a alto riesgo de inundaciones, dado que se utilizó la data del FIRM de 2005, luego de la revisión el 2009 estos datos variaron.

Los terrenos de alto riesgo plantean un problema de seguridad, tanto para las estructuras como para las personas que residen en estas zonas. Esta situación se pone de manifiesto especialmente cuando ocurren eventos de grandes lluvias y fenómenos atmosféricos como tormentas y huracanes. Las actividades y edificaciones ubicadas en los terrenos que se encuentran dentro del cauce mayor de los ríos, están propensas a sufrir, tanto daños a la propiedad como pérdidas de vidas en eventos de grandes lluvias o huracanes, especialmente en las zonas cercanas a ríos y zonas costaneras. A esos efectos son de especial importancia los programas gubernamentales de construcción de viviendas, relocalización de comunidades y construcción de canales como una forma de prevenir y minimizar estas pérdidas.

Suelos con riesgo de deslizamiento

Las áreas de deslizamiento son aquellos terrenos donde existe un alto nivel de susceptibilidad o probabilidad de que ocurra este fenómeno dado las condiciones y naturaleza del suelo y las ocurrencias de fenómenos naturales, especialmente inundaciones. Las áreas reconocidas de alta peligrosidad a deslizamientos las constituyen las de mayor susceptibilidad y la de alta susceptibilidad

para un total de 88,998.67 cuerdas. Esto representa el 4% del total del territorio de Puerto Rico. Estas áreas críticas deben de ser atendidas adecuadamente mediante programas de intervención y de orientación a la ciudadanía. Es necesaria la elaboración de proyectos que atiendan adecuadamente estas áreas de gran peligrosidad en Puerto Rico.

En Puerto Rico la combinación de terreno montañoso y las frecuentes e intensas lluvias traen como consecuencia deslizamientos. El riesgo de deslizamientos es más alto durante la temporada de lluvias. La frecuencia de deslizamientos es mayor en las regiones húmedas de Puerto Rico o en elevaciones mayores de 300 metros.

Hay cuatro características geográficas las cuales son utilizadas para clasificar los diferentes tipos de pendientes de las montañas. Estas son elevación, inclinación u orientación (hacia donde está ubicada), apariencias y uso. Las probabilidades de que ocurran deslizamientos rotacionales, las traslaciones y los flujos de diversos tipos, en aquellas pendientes con un ángulo de inclinación que exceda el 21% (12 grados) son mucho más altas que en pendientes con un ángulo de inclinación de un 12% (7 grados) o menos. Además, los deslizamientos y otros movimientos de masas extienden la red de drenaje pluvial natural aumentando la densidad de drenaje de la misma. La mayor variación de la frecuencia de deslizamientos existe en la clasificación del uso de la tierra. El riesgo de que ocurran deslizamientos en áreas impactadas por la construcción de carreteras o estructuras es de 2 a 8 veces mayor que en las montañas dedicadas para bosques.

En los estudios del Servicio de Geología Federal (USGS) se clasifican los terrenos deslizables como:

TABLA 16: CLASIFICACIÓN DE TERRENOS DESLIZABLES	
Clasificación	**Descripción**
Muy Alta Susceptibilidad	Estas áreas consisten de depósitos de deslizamientos, algunas se han cementado y no están activas. Sin embargo, son áreas de riesgo por lo que debería evitarse cualquier acción que pueda ser un disturbio para la estabilidad actual o deberían tomarse medidas de precaución ya que las excavaciones en estas áreas tienen el potencial de producir deslizamientos nuevos.
Alta Susceptibilidad	Incluye casi todas las áreas que tienen pendientes mayores de 50%; áreas de rocas o tipos de suelos que son susceptibles a deslizamientos como la Formación Cibao y San Sebastián.
Moderada Susceptibilidad	Áreas estables, excepto cuando son perturbadas por cortes indiscriminados en el terreno.
Baja Susceptibilidad	Áreas niveladas o que se encuentran sobre rocas estables. Usualmente, se componen de materiales que han sido depositados de las partes altas, como el aluvión, los depósitos costeros (depósitos de playas y depósitos de pantano). En la costa del Océano Atlántico se incluyen los depósitos de dunas de arena y de eolianitas. Las excavaciones y cortes profundos en estas áreas pueden ocasionar deslizamientos.

La documentación existente sobre terrenos en peligro de deslizamientos en Puerto Rico es muy limitada. La agencia federal de Servicio Geológico (USGS, United States Geological Survey) preparó un mapa general de terrenos ubicados en áreas susceptibles a deslizamientos en Puerto Rico. Todos

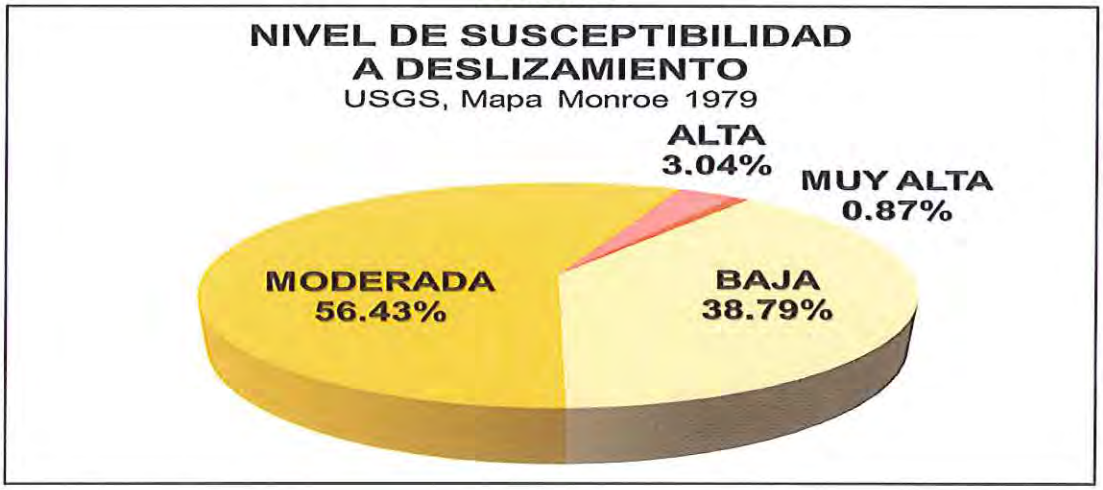
los municipios en mayor o menor escala han experimentado eventos de deslizamientos, especialmente durante la época lluviosa y también en áreas cársticas.

Los terrenos de topografía cársica presentan un potencial de deslizamientos o colapso de suelos, debido a las características geológicas de los mismos. Por tal motivo es recomendable llevar a cabo estudios de suelo para determinar los tipos de usos compatibles con las características de estos terrenos.

TABLA 17: SUELOS CON RIESGO DE DESLIZAMIENTO		
Nivel de Susceptibilidad a Deslizamiento	**Cantidad (cuerdas)**	**Por ciento del Suelo**
Muy Alta	19,819.89	0.87%
Alta	69,178.78	3.04%
Moderada	1,283,766.37	56.43%
Baja	882,422.57	38.79%
Total con Riesgo	2,255,187.61	99.13%
Total Puerto Rico	2,275,083.83	100.00%

Fuente: USGS Landsliding Publication, Dr. Watson Monroe, 1979

GRÁFICA 14



Análisis

El total de cuerdas localizadas en zonas de alta peligrosidad a deslizamientos se estima en 88,998.67 cuerdas, de las cuales se identifican como Muy Alta susceptibilidad 19,819.89 cuerdas y como Alta susceptibilidad 69,178.78 cuerdas, representando 0.88% y 3.07% respectivamente del suelo alto riesgo, por lo que es necesario atender a la población que reside en estas áreas mediante programas de mitigación, orientación y relocalización, entre otros.

Los suelos reconocidos como susceptibles a deslizamientos moderado a bajos se estima en 2,166,188.94 cuerdas, de las cuales se identifican como Moderada susceptibilidad 1,283,766.37

cuerdas y como Baja susceptibilidad unas 882,422.57 cuerdas, representando el 56.93% y el 39.13% respectivamente del suelo con poco riesgo.

Suelos con vulnerabilidad a tsunamis

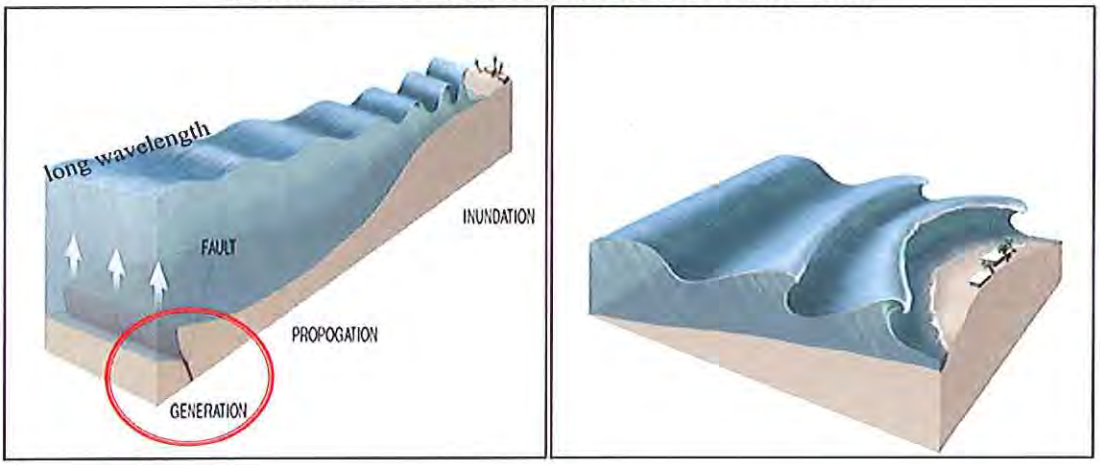
Un tsunami (palabra japonesa que significa ola en puerto u ola escondida) consiste de una serie de olas que se generan por perturbaciones en el fondo oceánico, ya sea por un terremoto, erupción volcánica, deslizamiento o impactos de meteoritos. En aguas profundas pueden desplazarse unas 500 millas por hora, aunque aquí sólo alcanzan alturas de pulgadas. La distancia entre las olas puede ser de hasta 466 millas. Cuando arriban a la costa disminuye su velocidad y la distancia entre las olas y aumenta la altura de las mismas, alcanzando hasta decenas de pies en altura. Los tsunamis evolucionan en tres fases[5]:

- **Generación:** Proceso en el cual una perturbación del fondo marino, por ejemplo, movimiento a lo largo de una falla, convierte la superficie del mar en un tsunami. La altura que alcancen las olas dependerá principalmente de la magnitud, velocidad y duración del desplazamiento y la profundidad del mar.

- **Propagación:** En esta etapa la energía es transportada desde la zona de generación hasta la costa. La altura de la ola es muy pequeña con respecto a su largo. Variaciones de la profundidad del fondo del mar pueden modificar la dirección de la ola. A medida que se acerca a la costa y se va haciendo menos profundo el mar, la energía tiene que acomodarse en un volumen más pequeño de agua provocando olas más altas y corrientes más rápidas.

- **Inundación:** Los tsunamis se pueden presentar como olas encrespadas o una inundación. Las olas pueden alcanzar decenas de pies de altura, aunque cinco pies son suficientes para provocar desastres. Si no hay acantilados o la topografía no es muy escarpada las aguas pueden penetrar centenares de pies adentro. En muchas ocasiones antes que ocurra la inundación ocurre un retroceso del mar.

GRÁFICA 15: EVOLUCIÓN DE TSUNAMIS EN TRES FASES[6]



[5] Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez. (2005). Atlas de Tsunamis en Puerto Rico [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/media/Atlas_Presentation.ppsx

[6] von Hillebrandt-Andrade, C,G. (2008). Amenaza de Terremotos y Tsunamis en Puerto Rico, [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/media/AmenazadeTerremotosyTsunamisEnPuertoRico.ppsx

Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez

El peligro de un tsunami para Puerto Rico es real. Desde 1867, dos tsunamis han afectado sus costas, produciendo muerte y destrucción en 1867 y 1918. Aunque la fuente de los tsunamis históricos lo ha sido los terremotos locales, también se podría generar el fenómeno por terremotos regionales y distantes, un deslizamiento submarino y con mucho menos probabilidad (en el caso de Puerto Rico) por una erupción volcánica o impacto de un cuerpo celeste. En otras partes del Caribe existe también la amenaza por tsunamis según el catálogo de la "National Geophysical Data Center" (NGDC).

Desde 1996 se ha venido tratando de establecer un Sistema de Alerta de Tsunamis para Puerto Rico y las Islas Vírgenes. En Puerto Rico los esfuerzos se han enmarcado bajo el Programa de Alerta y Mitigación de Tsunamis de la Universidad de Puerto Rico de Mayagüez (UPRM), mientras que los esfuerzos regionales se han coordinado bajo IOCARIBE (cuerpo regional de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, IOC por sus siglas en inglés, de la UNESCO).

El Programa de Alerta y Mitigación de Tsunamis consiste de seis tareas:

1. Preparación de mapas de inundación y desalojo para el archipiélago de Puerto Rico.

2. Educación acerca de este "peligro olvidado" en el Caribe (incluyendo videos, simulacros de tsunami, talleres y la instalación de letreros de alerta de tsunami en las playas).

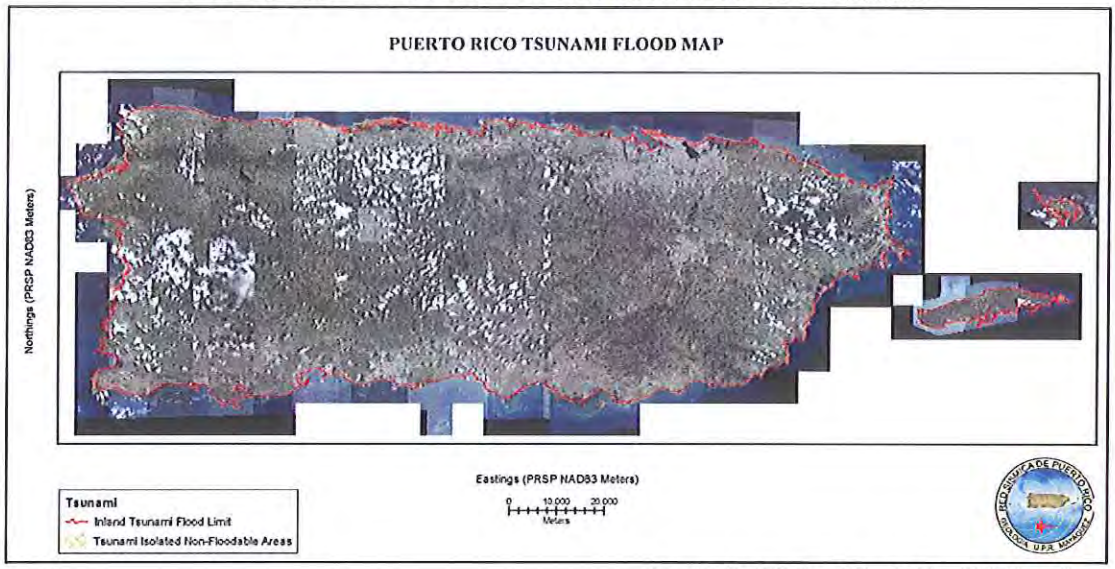
3. Monitoreo de datos sísmicos y mareográficos en tiempo real (24 horas al dia-7 días de la semana) para la determinación rápida de los parámetros de terremotos y cambios significativos en el nivel del mar

4. Desarrollo de protocolos para la emisión y diseminación de alertas de tsunami para Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses y Británicas.

5. Preparación de un sistema de bases de datos basado en el historial de tsunamis ocurridos en el Atlántico y el Caribe.

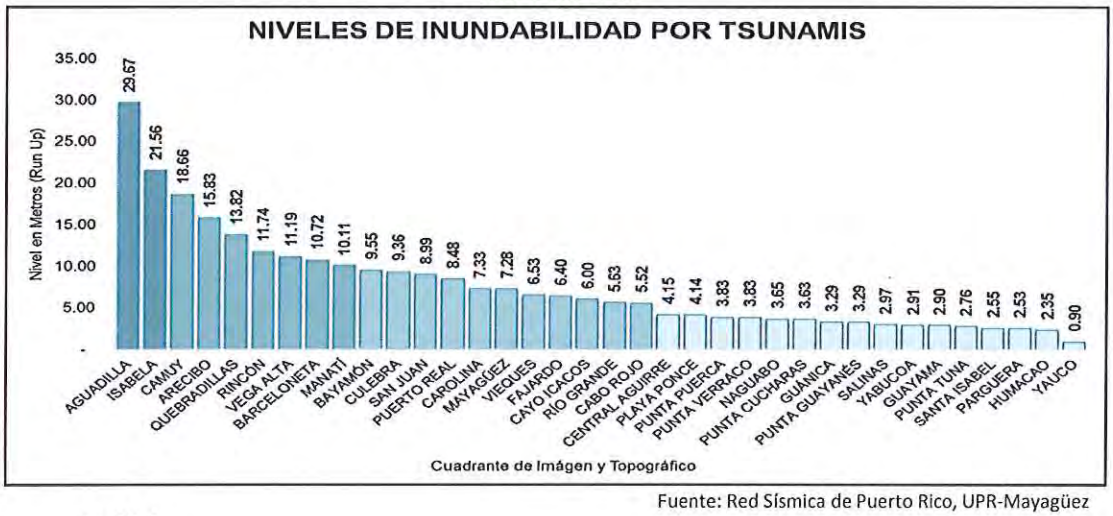
6. Participación en las reuniones del "USA National Tsunami Hazard Mitigation Program".

GRÁFICA 16: MAPA LÍMITE VULNERABILIDAD A TSUNAMIS[7]



Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez.

GRÁFICA 17:



Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez

Análisis

El total de suelos con vulnerabilidad a Tsunamis coinciden con los que están en riesgo de inundaciones por marejadas alrededor de toda la costa de las islas y los identificados como barreras costeras (costal barriers). Conforme los datos del *Atlas de Tsunamis en Puerto Rico,* se realizaron simulaciones para establecer el máximo nivel de inundación (run up) alrededor de todo el territorio insular. Un problema adicional, es el hecho de que al estar las fallas a pocos kilómetros de la línea costera, de generarse un maremoto o tsunami los efectos podrán ser registrados a los pocos minutos de ocurrir el evento.

[7] Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez. (2005). Atlas de Tsunamis en Puerto Rico [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/media/Atlas_Presentation.ppsx

Se identificaron las áreas oeste-noroeste y norte-central como las más vulnerables, con niveles altos de inundación de entre un mínimo de 10.11 metros y máximo de 29.67 metros según los estimados. Porciones de las costas suroeste y norte-noreste se estimaron con niveles medios entre un mínimo de 5.52 metros y máximo de 9.55 metros. La costa sur y este-sureste se estimaron con niveles bajos entre un mínimo de 0.9 metros y máximo de 4.15 metros.

Vulnerabilidad a riesgos costeros[8]

El calentamiento global se define como el aumento en la temperatura promedio de la atmósfera terrestre. El mismo se asocia directamente con el cambio climático, fenómeno en el que el clima varía a través de los siglos, influenciado por factores como los ciclos solares, la humedad relativa en la atmósfera o por variaciones en los gases de invernadero. Si bien algunos científicos indican que estos cambios son producto de causas naturales, la posición mayoritaria de la comunidad científica mundial es que el cambio climático está asociado a la emisión de los gases de invernadero, principalmente, a la quema de combustibles fósiles.

Se ha señalado que aun cuando las islas no son los emisores principales de los gases de invernadero, éstas serán más vulnerables a los efectos del calentamiento global. Los mismos incluyen el aumento en los niveles del mar, el incremento en la frecuencia en intensidad de eventos naturales extremos y la destrucción de habitáculos esenciales que protegen las costas y proveen medios de subsistencia.

Conclusión y recomendación

Puerto Rico, por su condición de isla tropical, está expuesta a múltiples riesgos asociados a los cambios climáticos. Como condición particular, se pueden señalar los riesgos al aumento de la frecuencia e intensidad de tormentas tropicales, huracanes, el aumento de los niveles del mar, la exposición a sequías, la disminución en los abastos de agua -particularmente en las reservas subterráneas de agua, la desertificación y posible pérdida de terrenos agrícolas, así como el aumento en vectores de enfermedades y problemas de salud. Además, las consecuencias pueden ser devastadoras para los sistemas naturales, tales como el blanqueamiento de los arrecifes de coral, al igual que para las comunidades e infraestructura costera, debido al incremento en los riesgos para la vida y propiedad causados por el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climatológicos.

En cuanto a áreas con riesgo de deslizamientos, los terrenos que son susceptibles a algún nivel de peligro son considerables. Los datos provistos indican que poco más de la mitad del territorio de la isla cae en alguna categoría de riesgo. Ello se debe, por un lado, a la topografía y los tipos de suelo y por otro lado a las modificaciones que se hacen en el terreno para facilitar distintos proyectos de construcción.

Los terrenos susceptibles a inundaciones también constituyen otra área de preocupación que se debe atender. Los cambios en los patrones del clima, que están afectando a la isla con lluvias más frecuentes y más intensas, causan que cada vez más familias resulten perjudicadas por este fenómeno, sufriendo daños en sus propiedades y hasta la pérdida de sus hogares. Igualmente ocurren cuantiosas pérdidas en la infraestructura de carreteras y puentes que resultan dañados y o destruidos por estos fenómenos. Situación que coloca al país ante el reto de asignarle mayor

[8] *Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico*, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, páginas 89 y 90, 2009.

prioridad a la búsqueda de soluciones para el manejo de este problema. Por esta razón la identificación de aquellos terrenos que están sujetos a inundaciones o que son susceptibles a deslizamientos es un paso importante hacia la minimización de los riesgos a que puede estar expuesta la ciudadanía. De ahí la necesidad de que se continúen los esfuerzos para mantener actualizada esta información para así garantizar la seguridad de la población. Es preciso establecer programas de relocalización de familias y construcción de diques y otras obras de infraestructura dirigidas al control de inundaciones.

Paralelamente se deben fortalecer los esfuerzos encaminados a evitar la ocupación de aquellos terrenos que se convierten en lugares de alta peligrosidad cuando ocurren situaciones de emergencias naturales. Programas orientados a la educación y la mitigación pueden ser de mucha utilidad para lograr esos propósitos y garantizar la seguridad de la población.

Sistemas naturales[9]

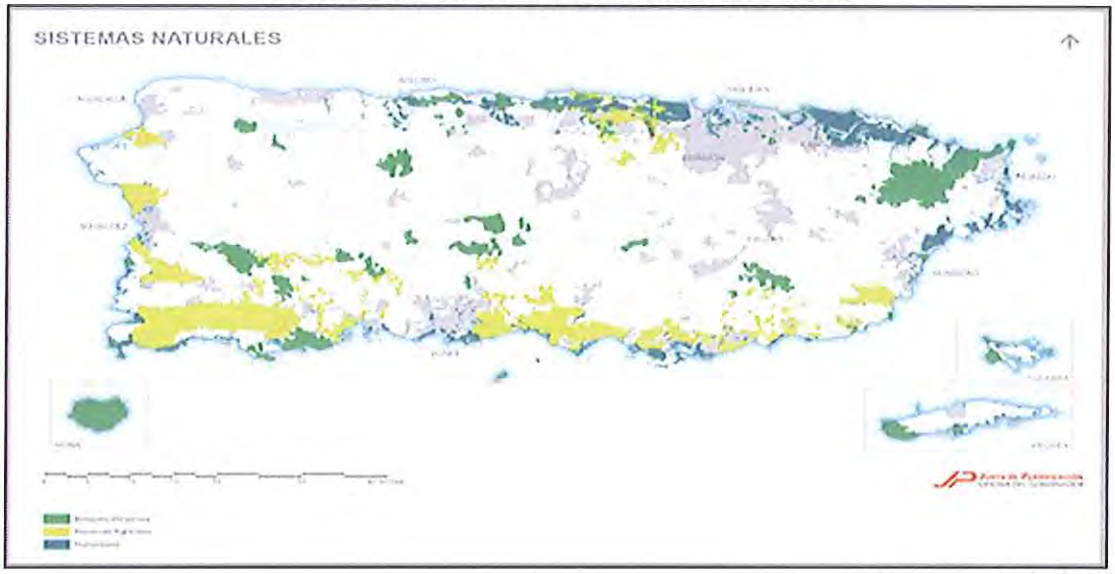
Los recursos naturales son los componentes de la naturaleza que representan fuentes de aprovechamiento para beneficio del ser humano. Los recursos naturales básicos son las rocas, los minerales, el suelo, el agua, el aire, la biodiversidad y sus hábitats, y la energía solar, entre otros.

El manejo eficaz de nuestros recursos naturales requiere la gestión gubernamental y la participación activa de los ciudadanos. Cada vez más, resalta la necesidad de reducir los daños al ambiente (contaminación del suelo, aire y agua, la deforestación y la intervención inadecuada con hábitats) para conservar la naturaleza, de la que depende toda forma de vida, incluida la del ser humano. El deterioro del ambiente ha sido el resultado del desarrollo industrial, la explotación desmedida de los recursos naturales para elaborar productos para satisfacer las demandas del consumismo, el desparramamiento urbano, el movimiento ilegal de corteza terrestre, la introducción de especies exóticas y la utilización de terrenos para agricultura.

Algunos de los recursos naturales son renovables, es decir, pueden reutilizarse muchas veces, reponerse o volverse a cultivar, siempre y cuando el ser humano cuide su regeneración (agua, suelo, animales, plantas). Pero, hay otros que se identifican como recursos naturales no renovables (como los combustibles fósiles) porque su formación natural es muy lenta y compleja y están los que son irremplazables (como los mogotes y montañas).

[9] "Los Recursos Naturales de Puerto Rico", *Hojas de Nuestro Ambiente*, Hoja educativa publicada por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), P-006, Julio 2006.

GRÁFICA 18: MAPA DE SISTEMAS NATURALES



Fuente: Junta de Planificación

Las políticas aplicables a los recursos naturales conforme a los *Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Uso de Terrenos para Puerto Rico* (OPP-PUTPR) de 1995 son las siguientes:

TABLA 18: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE ÁREAS DE RECURSOS NATURALES, AMBIENTALES Y CULTURALES	
META - *Mantener y proteger nuestro medio ambiente promoviendo la conservación, preservación y el uso juicioso de nuestros recursos naturales, ambientales, históricos y culturales, reconociendo que éstos representan una variedad y riqueza de opciones para nuestro desarrollo y una oportunidad para promover el desarrollo integral y sostenible de todos los sectores geográficos por estar estos recursos distribuidos en toda la Isla.*	
POLÍTICAS PÚBLICAS:	
29.00	Proteger, conservar y restaurar los recursos naturales, ambientales y culturales.
30.00	Proteger los recursos naturales, ambientales y culturales de la destrucción o de daños irreparables provocados por su mal uso o por falta de previsión para atender el impacto adverso de otras actividades.
31.00	Propiciar la protección de áreas con suelos cársticos que por las formaciones calcáreas y por sus características hidrogeológicas proveen beneficios para los acuíferos, protegen las aguas superficiales y mantienen la integridad ecológica de los sistemas naturales.
32.00	Desarrollar planes de control y manejo de la contaminación acuática y marina por fuentes dispersas de contaminación asociadas a las categorías de desarrollo urbano, agricultura, construcción y operación de marinas, hidromodificaciones y la destrucción o alteración de humedales.
33.00	Estimular la conservación de usos de los terrenos en su estado natural fuera de los ámbitos de expansión urbana o en suelo rústico, reconociendo más los beneficios sociales y económicos de los mismos y promoviendo mecanismos que valoren apropiadamente dichos recursos.

TABLA 18: METAS Y OBJETIVOS DE POLÍTICA PÚBLICA DE ÁREAS DE RECURSOS NATURALES, AMBIENTALES Y CULTURALES	
34.00	Desarrollar planes de manejo y conservación de los recursos no renovables (minerales) que garanticen la calidad ambiental.

Suelos con valor natural

Los suelos con valor natural incluyen las reservas naturales y otras áreas no protegidas con valor natural clasificados como Suelo Rústico Común (SRC) y Suelo Rústico Especialmente Protegidos (SREP), dependiendo del uso actual o intensión de protección de los mismos. Estos suelos albergan aquellas áreas designadas como Área Natural Protegida (ANP), Área de Planificación Especial (APE) y Reserva Natural (RN), las que han sido designadas mediante resolución de la Junta de Planificación, por recomendación del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), legislación o de cualquier agencia federal.

Como principio fundamental del *Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico*[10], aquellas áreas con recursos costeros de importancia y que están sujetas a serios conflictos de uso, son designadas como reservas naturales para procurar conservarlas, preservarlas o restaurarlas a su condición natural. Sin embargo, el término reserva natural también se utiliza, primordialmente por la Legislatura, para designar aquellas áreas que por sus características físicas, ecológicas, geográficas o por el valor de los recursos naturales existentes en ellas ameriten ser conservadas, preservadas o restauradas a su condición natural; independientemente de si están o no presentes recursos costeros.

TABLA 19: SUELOS CON VALOR NATURAL		
Componentes	**Terrenos (cuerdas)**	**Por ciento**
Áreas con Valor Natural Protegidas	238,149	11.00%
Áreas con Valor Natural sin Protección	463,843	23.00%
Total Suelos con Valor Natural	701,992	30.88%
Total Suelos Puerto Rico	2,274,528	100.00%

Análisis

El total de suelos con valor natural es aproximadamente unas 701,992 cuerdas, lo que equivale a un 30.88%. Las áreas protegidas que se incluyen en las reservas naturales constituyen aproximadamente unas 238,149 cuerdas. Estas representan aproximadamente el 11.00% del total de cuerdas de Puerto Rico.

Los números provistos indican que las áreas de valor natural han permanecido igual y que no ha habido disminución entre el 2009 y el 2010. Sin embargo, existe una tendencia de expansión de las zonas urbanas y de áreas construidas en zonas no urbanas. Con lo atractivo que resultan estas áreas para el establecimiento de usos de tipo turístico, es necesario asegurar que, no solamente no

[10] *Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico*, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2009.

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:

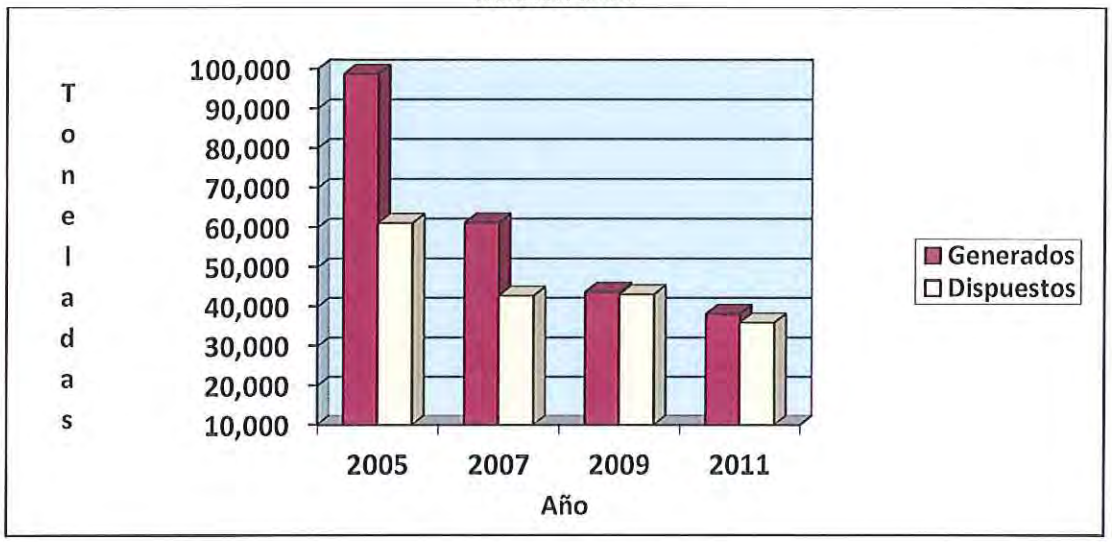
- Grandes Generadores de Desperdicios Peligrosos (entidades que generan 2,200 lbs. (1,000 Kg.) o más mensuales)

- 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.

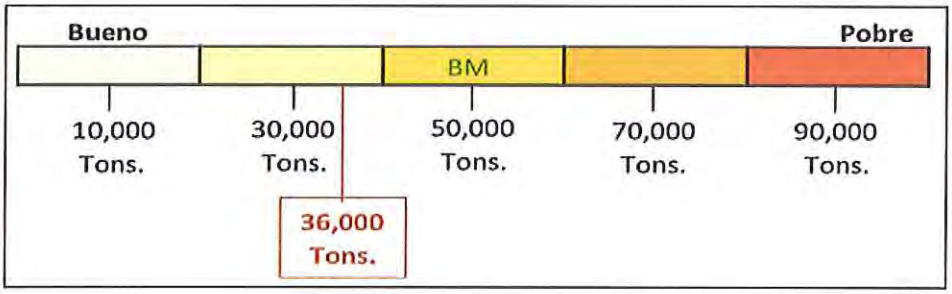
GRÁFICA 20: DESPERDICIOS GENERADOS VS. DESPERDICIOS DISPUESTOS Y/O MANEJADOS



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.

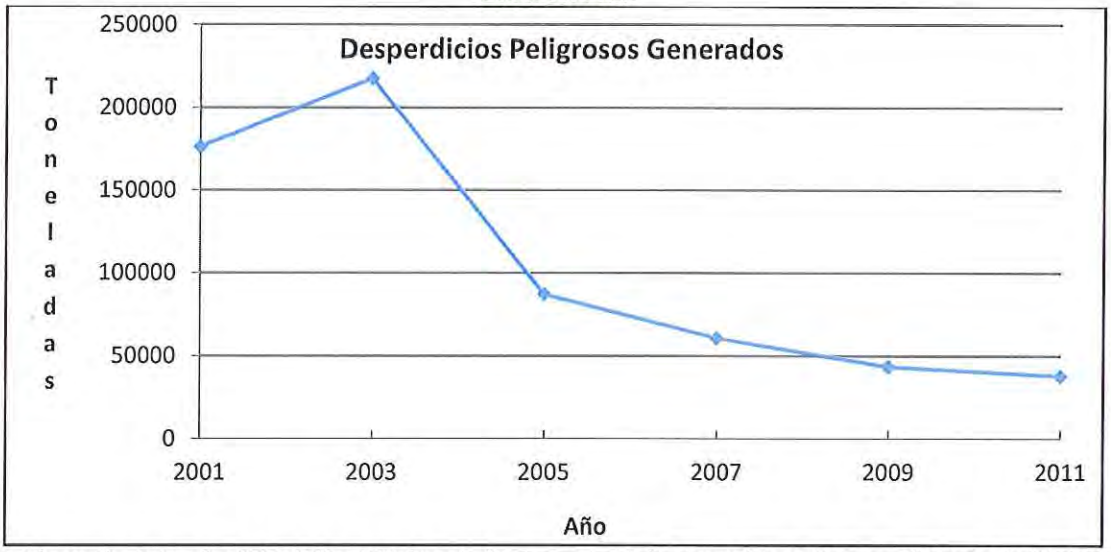
Se recomienda que las compañías clasificadas como grandes generadores de desperdicios peligrosos evalúen sus procesos de manufactura y minimicen el uso de sustancias que al momento de descartarse se conviertan en desperdicios peligrosos y que busquen alternativas de manejo que no resulten en disposición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

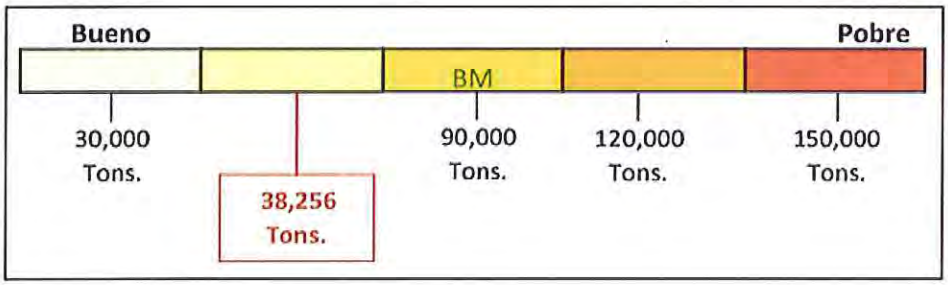
Consideraciones Técnicas

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

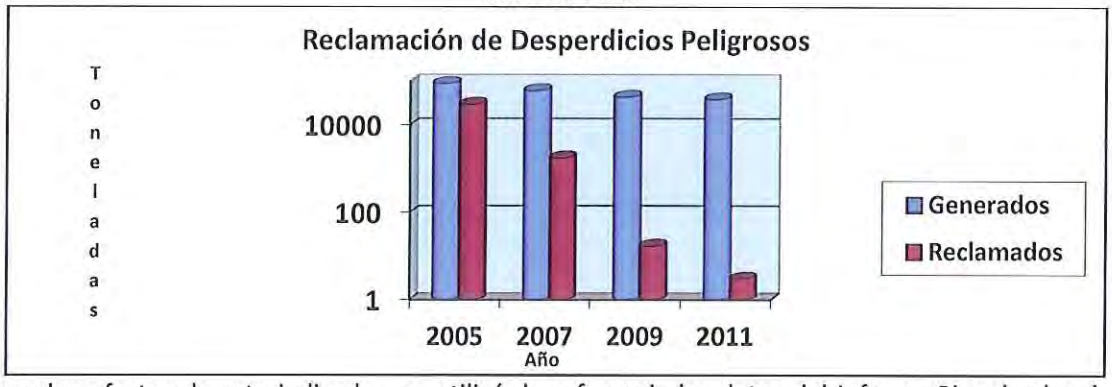
Los datos para el estudio y análisis de este indicador fueron tomados del Informe Bienal Nacional sobre Desperdicios Peligrosos publicado por la Agencia Federal de Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), los cuales son rendidos por todas las entidades en Puerto Rico clasificadas como:

- 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:



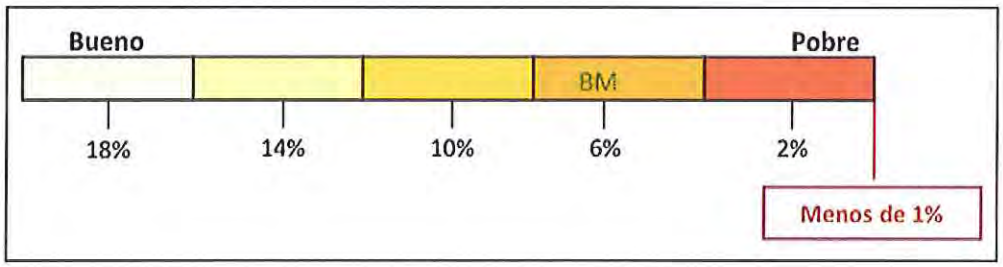
Para los efectos de este indicador, se utilizó de referencia los datos del Informe Bienal sobre los Desperdicios Peligrosos de la EPA de los años 2005, 2007, 2009 y 2011. Para el año 2005, de las 87,501 toneladas generadas fueron reclamadas 29,378 para un 34% de reclamo, para el 2007 de 60,041 se reclamaron 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

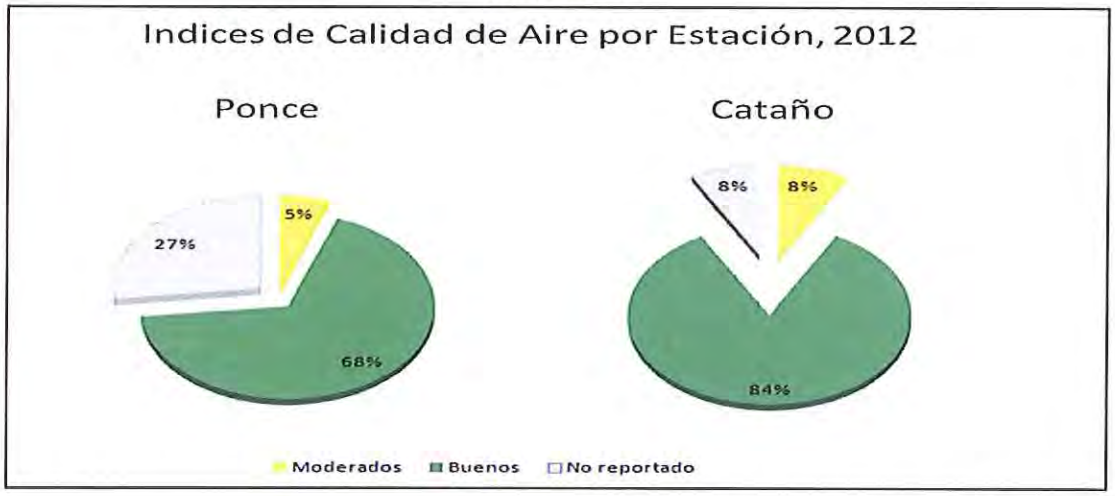
Actualmente en Puerto Rico, se mide la contaminación de PM_{10} en forma continua en dos áreas en Cataño y en Ponce. Se utilizan los resultados para realizar el cálculo del Índice de la Calidad del Aire, llamado AQI. Los resultados de las estaciones indican la calidad del aire que es representativa del 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.

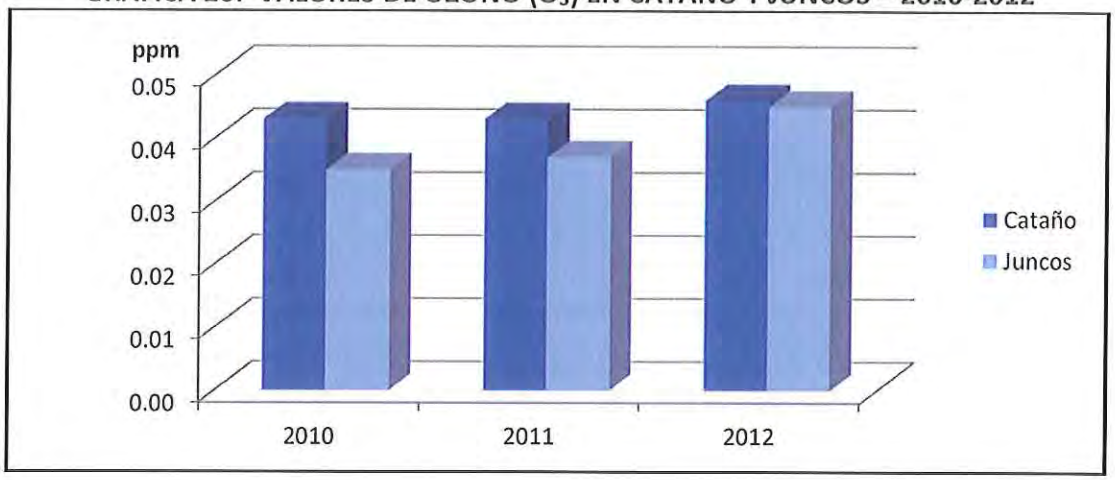
La Norma establecida en el 2008 es de 0.075ppm para el promedio de 8 horas. No obstante, los científicos continúan en el estudio sobre los efectos a la salud y al medio ambiente por este contaminante y crear un límite más fuerte entre 0.060 y 0.070ppm. Para establecer cumplimiento el valor designado 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

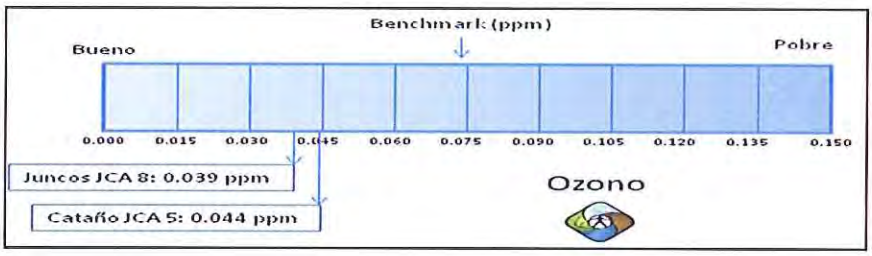
Periodo	Cataño 4ta. Max. 8 horas (ppm)	Juncos 4ta. Max. 8 horas(ppm)
2010	.043	.035
2011	.043	.037
2012	.046	.045
Promedio 3 años	**.044**	**.039**

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.

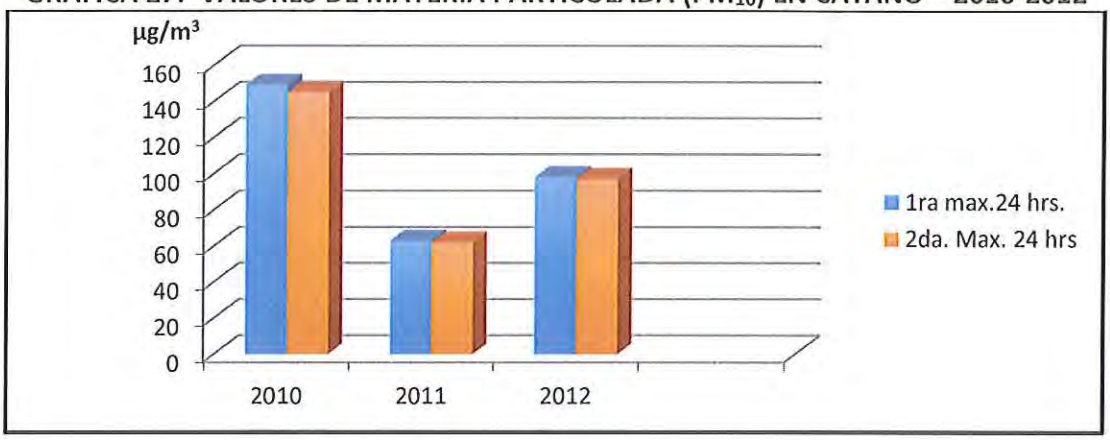
Solo se presentan las concentraciones observadas en la estación de Cataño ya que Ponce comenzó a finales del 2011 y para poder calcular y comparar con las Normas Nacionales debe de tener tres años de observaciones.

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.

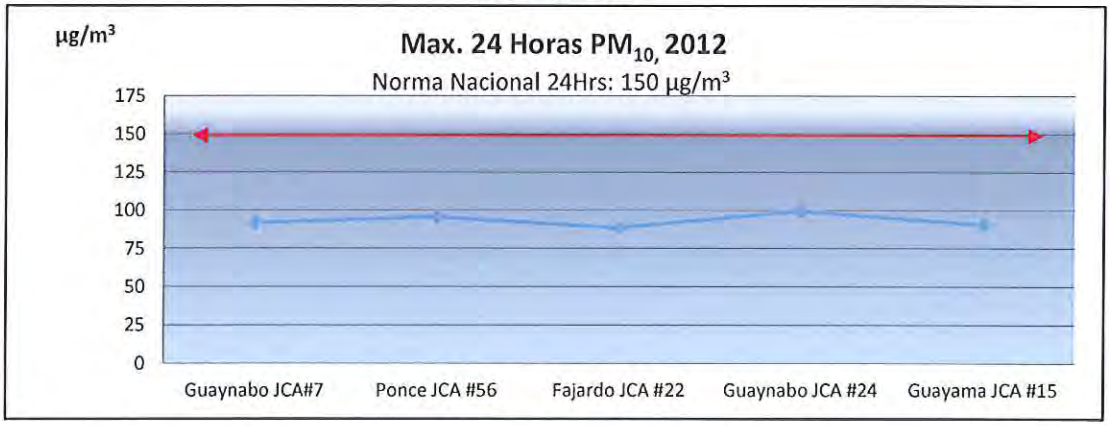
El PM_{10} son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con un tamaño hasta 10 micrones, estas son el polvo, hollín, etc. Los mismos son producto de fuentes como vehículos de motor, incineración, fertilizantes y pesticidas, construcción, quema agrícola y procesos industriales. La exposición 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 $\mu g/m^3$, Región de San Juan 100 $\mu g/m^3$, Región de Humacao 89 $\mu g/m^3$ y Región de Guayama 91 $\mu g/m^3$. 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 $\mu g/m^3$.

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 $\mu g/m^3$, seguida de la región de Ponce con 96 $\mu g/m^3$.

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 $\mu g/m^3$ (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 $\mu g/m^3$.

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 $\mu g/m^3$, 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 $\mu g/m^3$.

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.

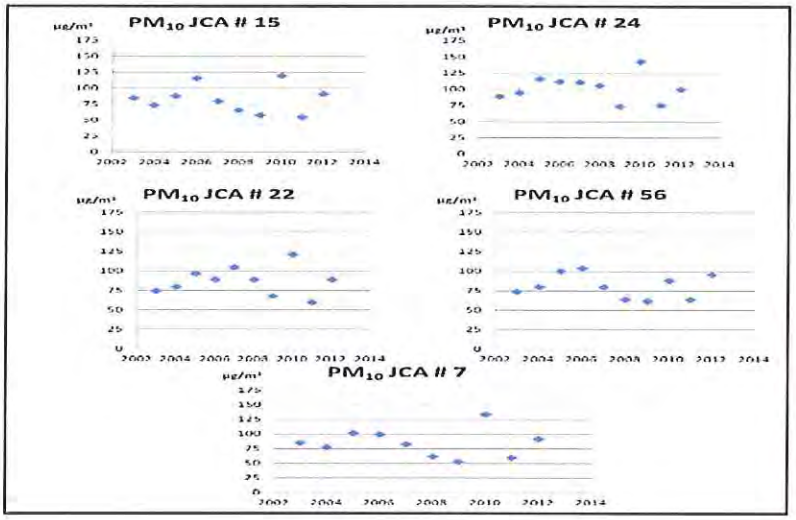
La concentración más alta para los últimos diez años para 24 horas se registró en el 2006. Fue de 104 $\mu g/m^3$. El 100% de datos cumple con la norma establecida para 24 horas. El valor designado de 24 horas para 2012 es de 96 $\mu g/m^3$.

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 $\mu g/m^3$ en el 2005. El 100% de los datos cumplen con la norma establecida. El valor designado de 24 horas del 2012 es de 89 $\mu g/m^3$.

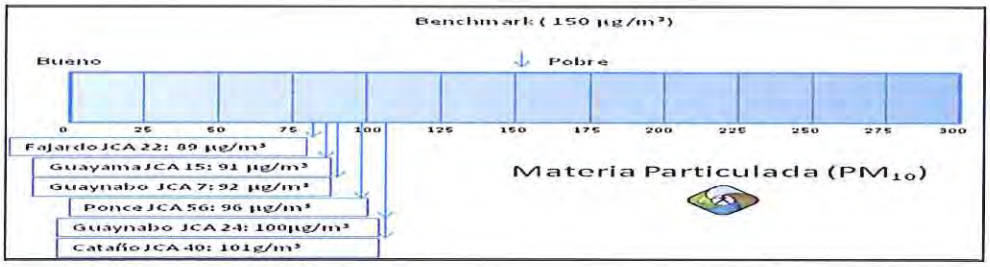
La región de Guayama está compuesta por varios municipios donde se encuentra ubicada la estación JCA #15 en Guayama. La estación JCA #15 se encuentra ubicada en el Barrio Jobos en Guayama y se instaló con el propósito de proteger a la población. Esta toma muestras cada tres días. Su concentración máxima para 24 horas en los últimos diez años fue de 120 $\mu g/m^3$ en el 2010. El 100% de los datos cumplen con la norma establecida. El valor designado de 24 horas del 2012 es de 91 $\mu g/m^3$.

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.

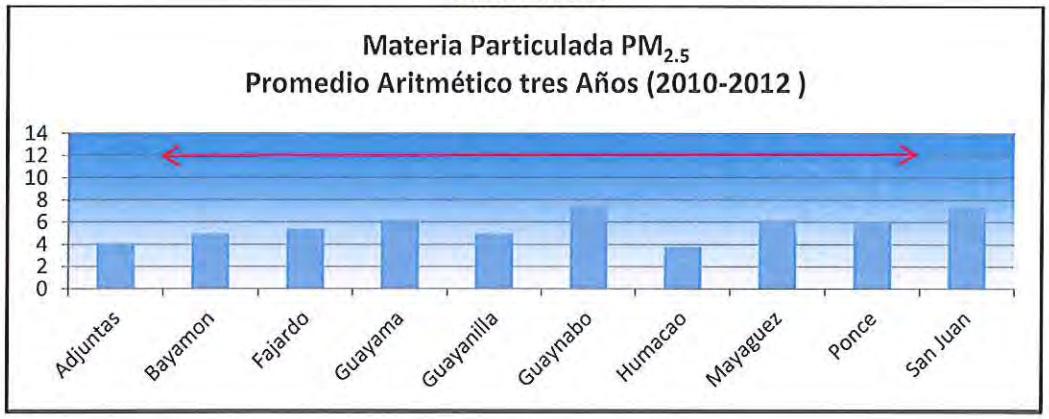
El método utilizado para este contaminante es igual que el utilizado en el muestreo intermitente de PM_{10} con la diferencia de que el tamaño a muestrearse es de 2.5 micrones o menos y luego que las partículas caen en el filtro, este se recoge y se conserva a una temperatura de menos de 4°C para realizarle 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 $\mu g/m^3$.

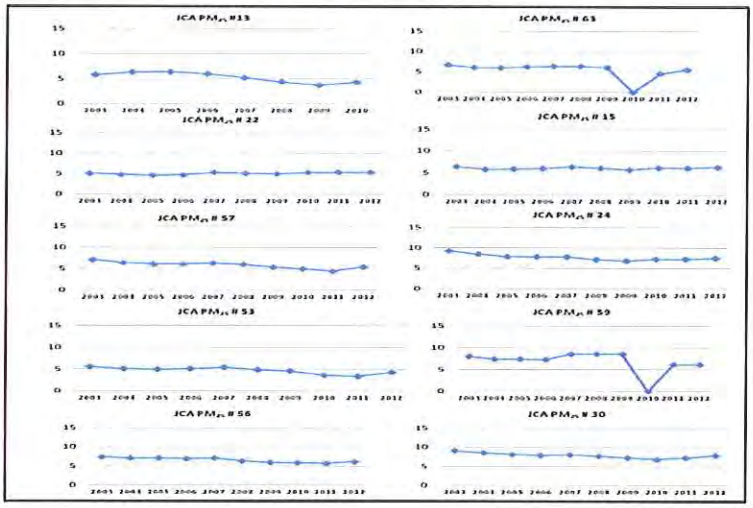
- La estación JCA #56 está localizada en el municipio de Ponce. El promedio aritmético anual más alto de los últimos diez años fue de 7.4 $\mu g/m^3$ y fue en el 2003. De acuerdo con los datos colectados, el 100% de datos cumple con la norma establecida. El valor designado del promedio aritmético anual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

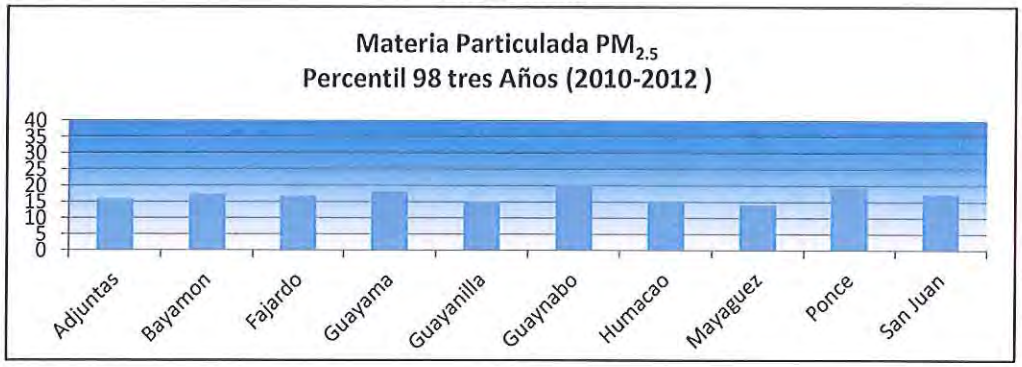


De acuerdo con los resultados el promedio máximo de las máximas anuales de promedios de 24-horas por estación durante los últimos tres años se registró en Guaynabo (20.0 µg/m³), Ponce (19.5 µg/m³), Guayama (18.2 µg/m³) y San Juan (17.3 µg/m³), todas por debajo de la norma nacional que es 35.0 µg/m³. 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 $PM_{2.5}$.

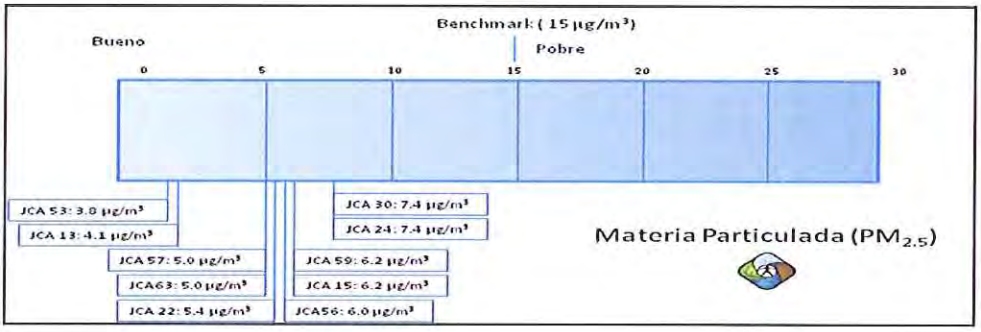
TABLA 24: PERCENTIL 98
MATERIA PARTICULADA $PM_{2.5}$

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.

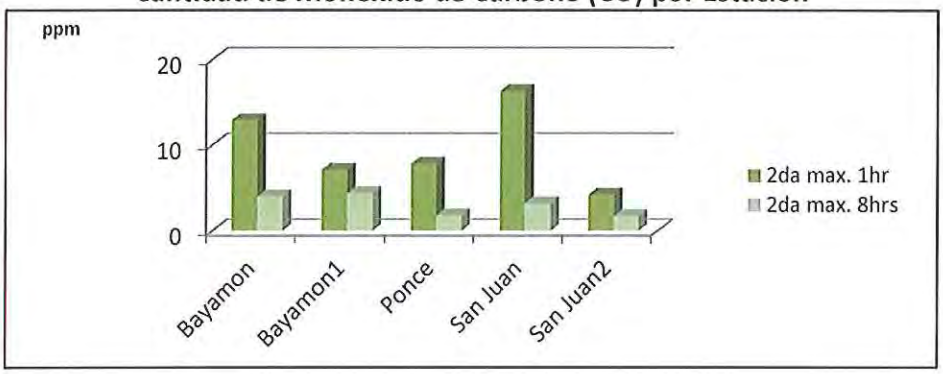
TABLA 25: Lectura de Monóxido de Carbono(CO) por Estación			
Municipio	Observaciones	2da Máx. 1 hora ppm	2da Máx. 8 horas ppm
Bayamón	8,526	12.9	4.0
Bayamón[1]	10,638	7.1	4.4
Ponce	9,881	7.8	1.8
San Juan	18,866	16.3	3.2
San Juan[2]	5,698	4.2	1.7

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

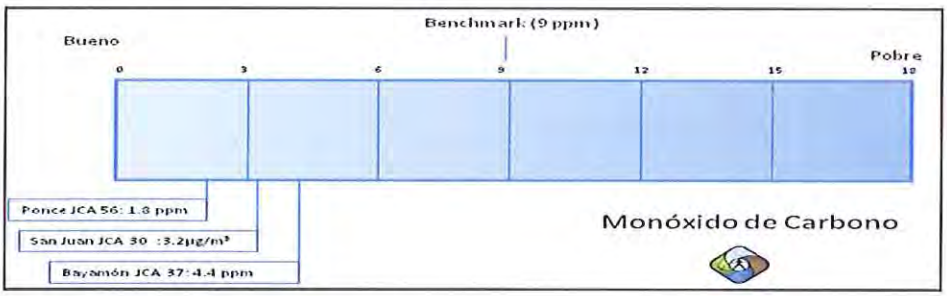
En Bayamón se ubica una estación en la Cárcel Regional de este municipio desde abril del 2008 hasta marzo del 2011 donde se re ubica en la misma instalación penal. En Ponce comienza en octubre del 2011 y las ubicadas en San Juan desde abril del 1995 al presente y la otra desde mayo del 2004 a noviembre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

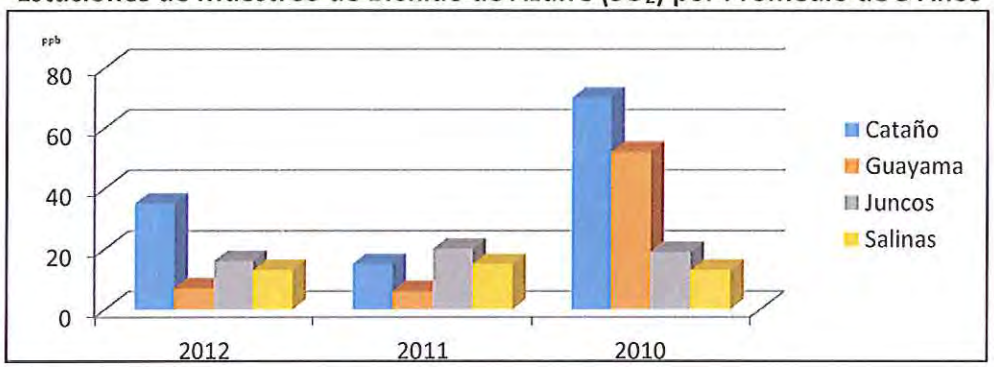
Al momento la Agencia mantiene cinco estaciones de muestreo ubicadas en Juncos, Salinas, Bayamón, Cataño y Guayama. De las cuales solo cuatro ofrecerán estado de situación por tener el periodo de tres años consecutivos de estudio, que son Cataño, Guayama, Juncos y Salinas. El método de colección para 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:

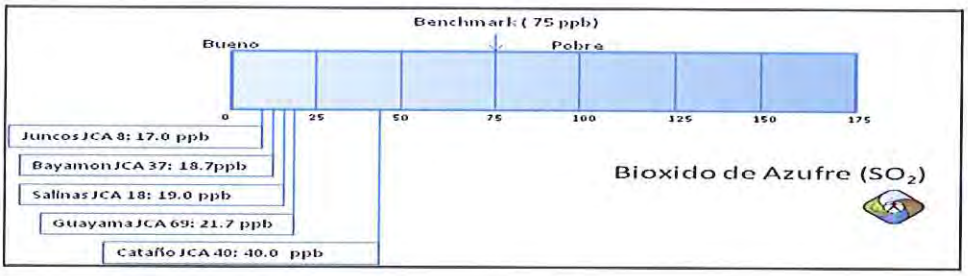
TABLA 26: Datos de Bióxido de Azufre (SO_2) por Años por Estación				
Estación	**2012**	**2011**	**2010**	**Promedio 3 años (ppb)**
Cataño	35	15	70	40
Guayama	7	6	52	22
Juncos	16	20	19	18
Salinas	13	15	13	14

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.

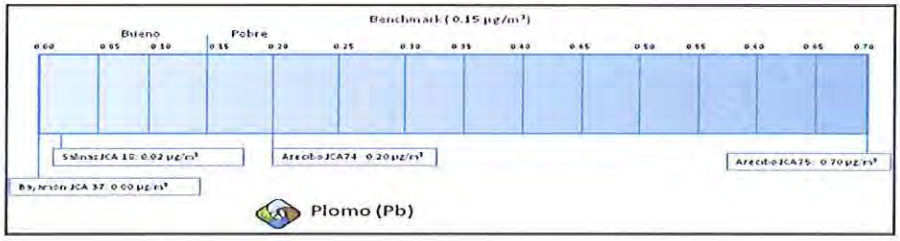
Con la nueva reglamentación para plomo se establecieron dos monitores en Arecibo. La reglamentación propone ubicar estos monitores cerca de instalaciones potenciales a emitir este contaminante tan peligroso a la salud. La Agencia mantiene dos monitores en el pueblo de Arecibo. Para este contaminante 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/m³)



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.

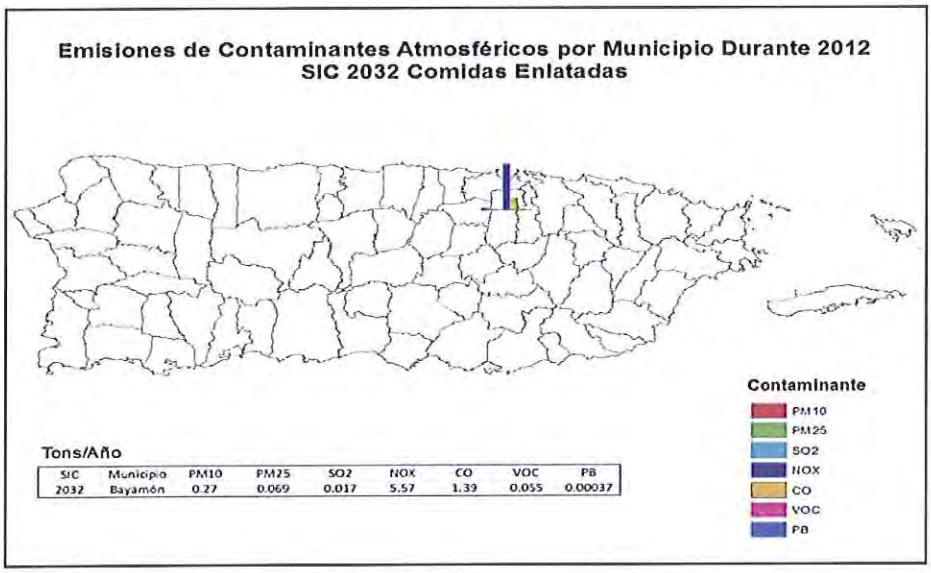
Para propósito de este documento, se presentan las emisiones por contaminantes por sector industrial y por municipio. Para clasificar las emisiones por sector industrial se utilizó el estándar utilizado por las agencias estadísticas federales en la clasificación de los establecimientos comerciales con 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

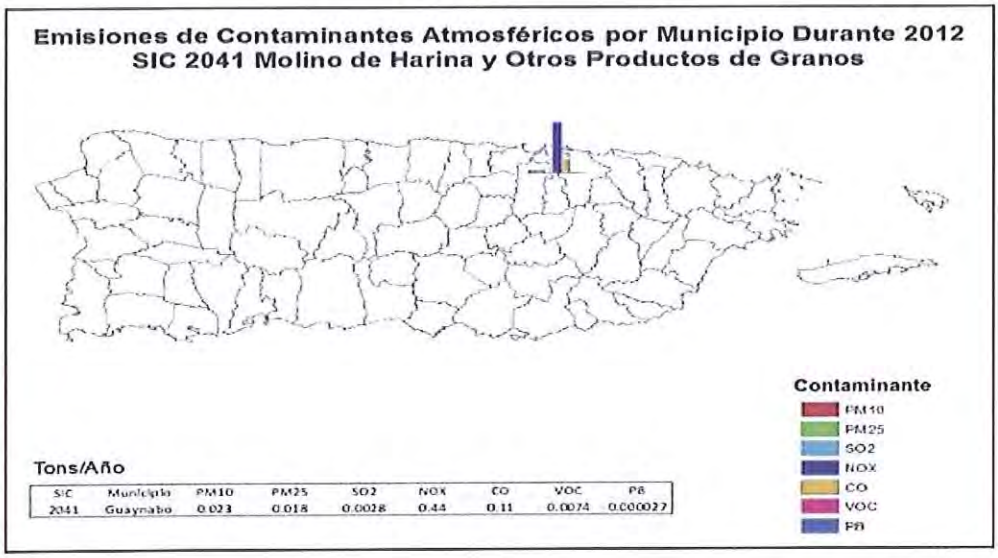
2032 Comidas Enlatadas: Establecimientos que se dedican principalmente al enlatado de productos alimentos para bebés, alimentos tales como vegetales, granos, frutas, y sopas, excepto mariscos. Este establecimiento está ubicado en el municipio de Bayamón. Los contaminantes mayormente emitidos por este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

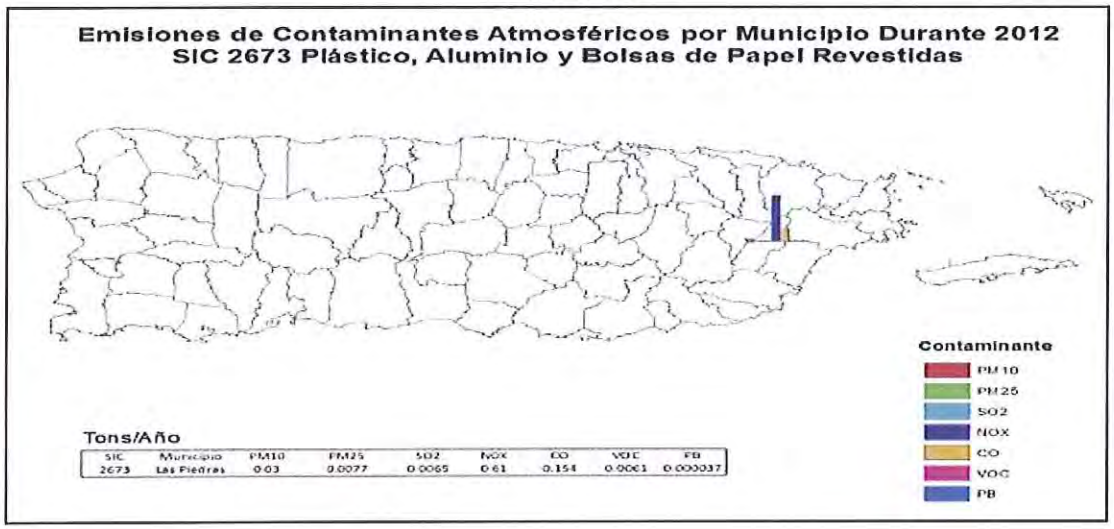
GRÁFICA 38:

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

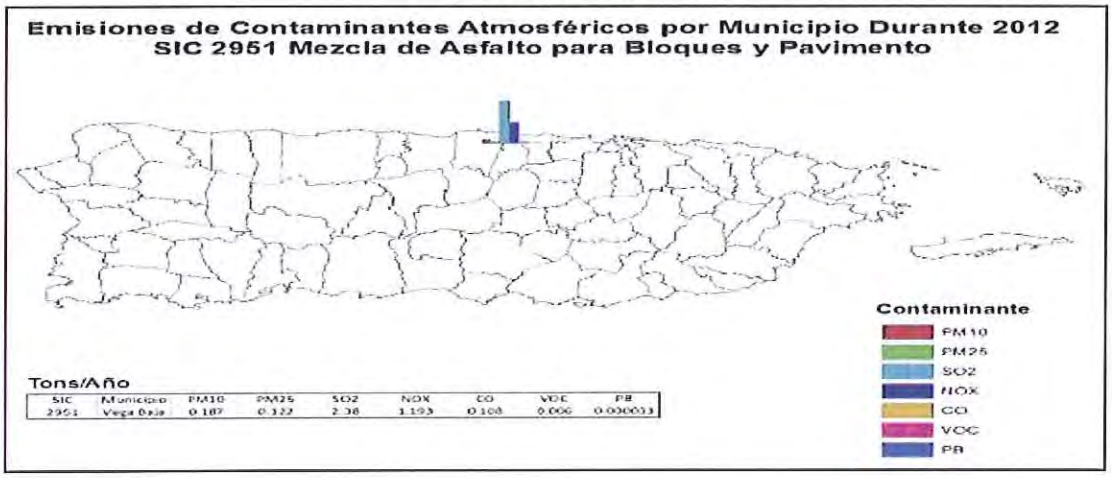
importantes, a saber: (1) las preparaciones farmacéuticas promovidos principalmente a las profesiones médicas, dentales o veterinarios, y (2) las preparaciones farmacéuticas promovidas principalmente para el público.

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:

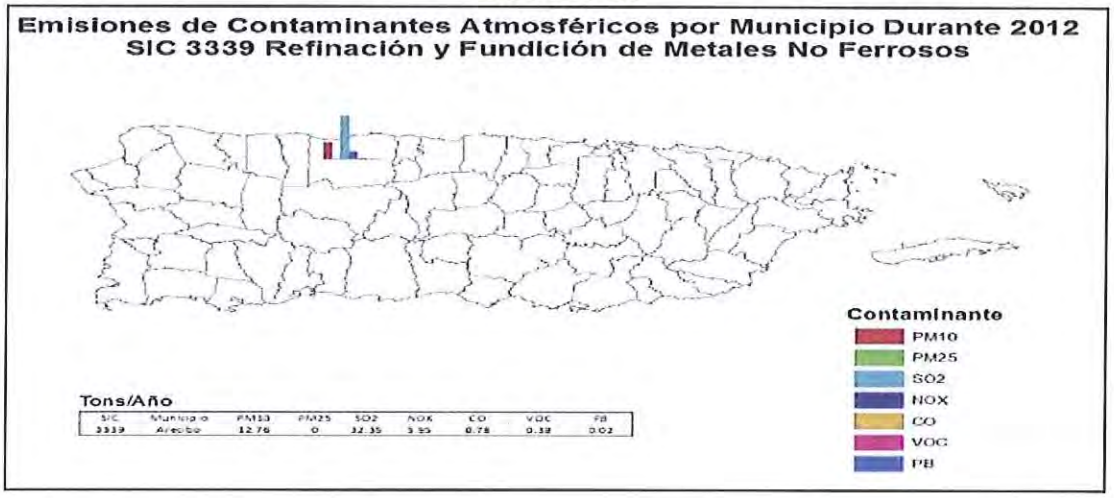
2951 Mezcla de Asfalto para Bloques y Pavimento: Establecimientos que se dedican principalmente a la fabricación de asfalto y mezclas de pavimentación bituminosas, y los bloques de pavimento de asfalto y varias composiciones de asfalto o alquitrán con otros materiales. Estos establecimientos están ubicados 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:



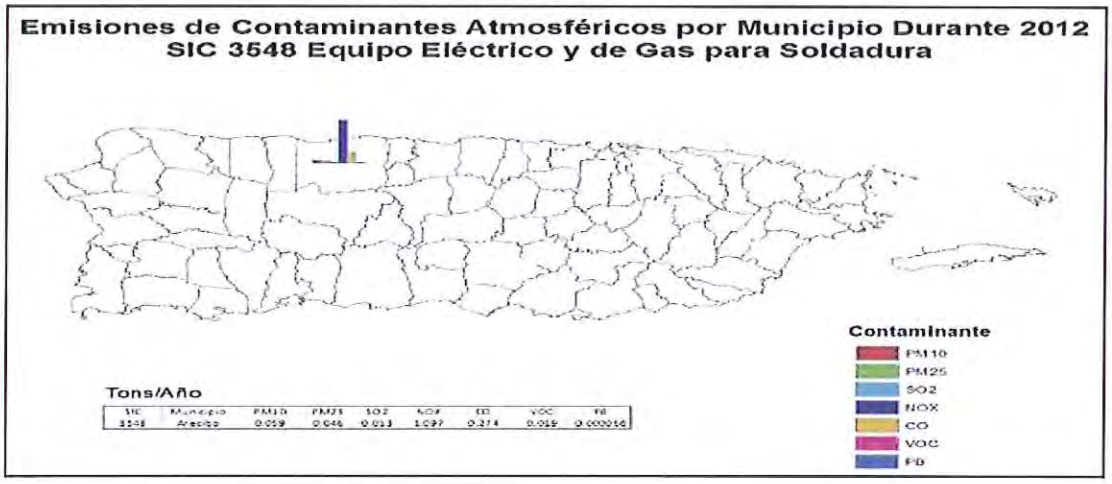
3339 Refinación y Fundición de Materiales no Ferrosos: Establecimientos que se dedican principalmente en la fundición y afinación de metales no ferrosos, excepto cobre y aluminio. Estos establecimientos están ubicados en el municipio de Arecibo. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo de 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.

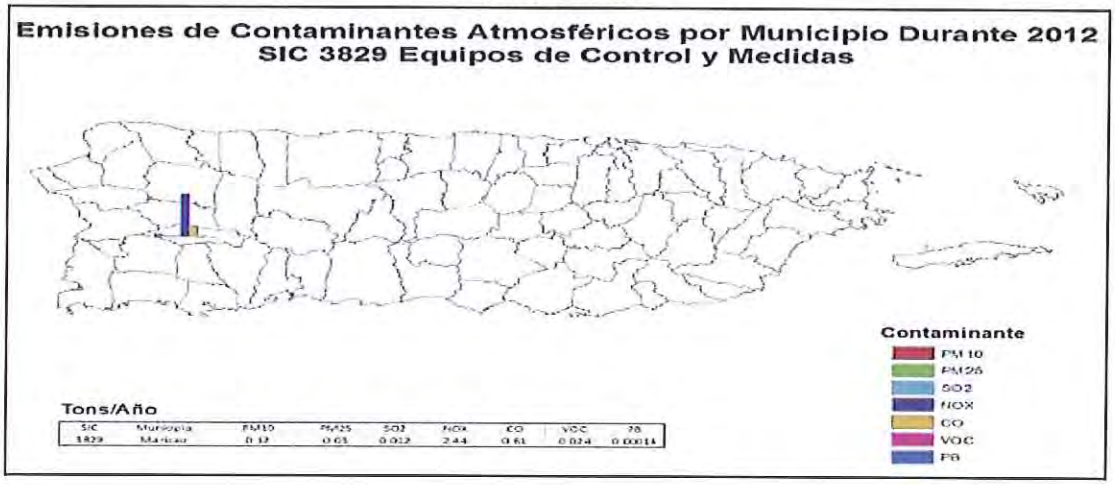
GRÁFICA 44:



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:



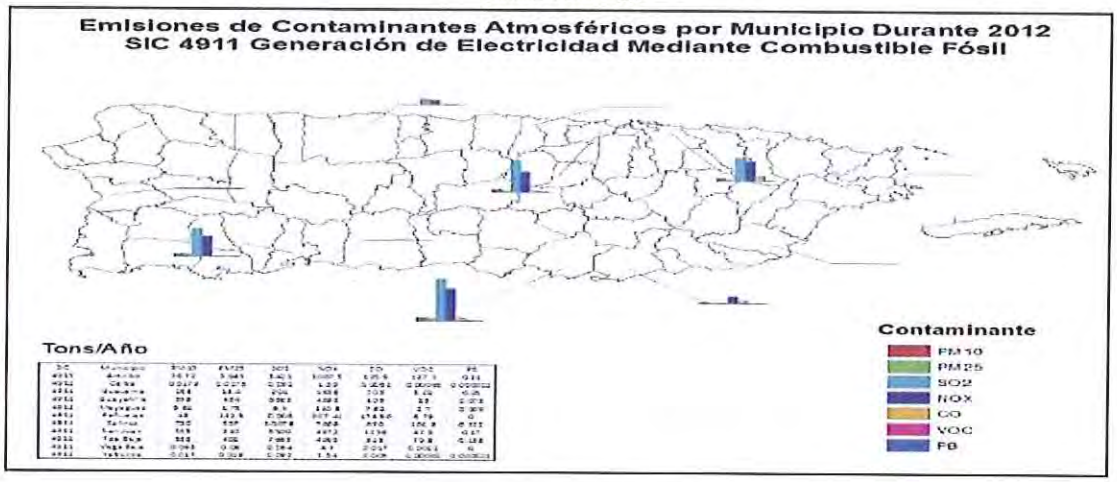
Otra gran clasificación es Transporte, Comunicaciones, Electricidad, Gas, Servicios Sanitarios. Esta división incluye los establecimientos que ofrecen al público en general u a otras empresas comerciales, de pasajeros y de carga de transporte, servicios de comunicaciones, o de electricidad, gas, vapor,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

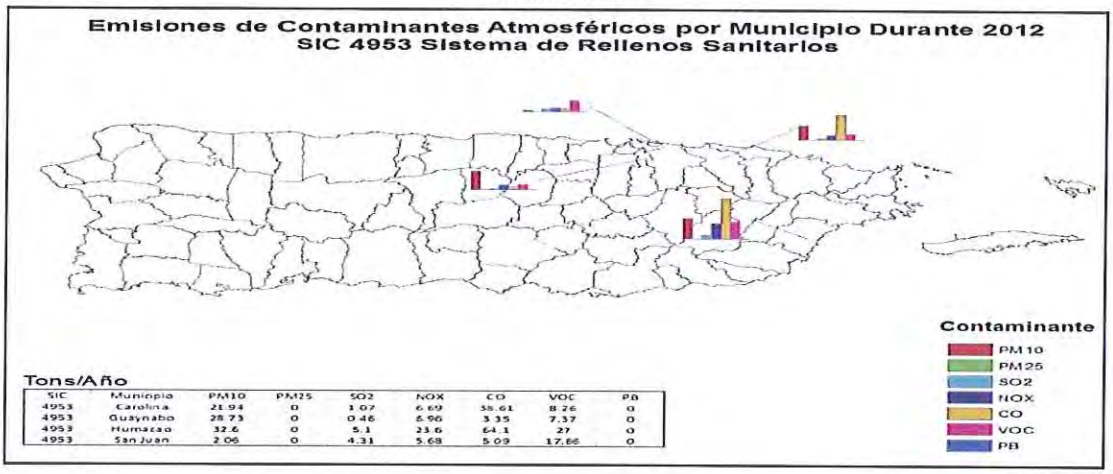
4911 Generación de Electricidad mediante Combustión de Combustible Fósil: Establecimientos dedicados a la generación, transmisión y / o distribución de energía eléctrica para la venta. Estos establecimientos están ubicados en varios municipios de PR. Los contaminantes mayormente emitidos por este tipo 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.

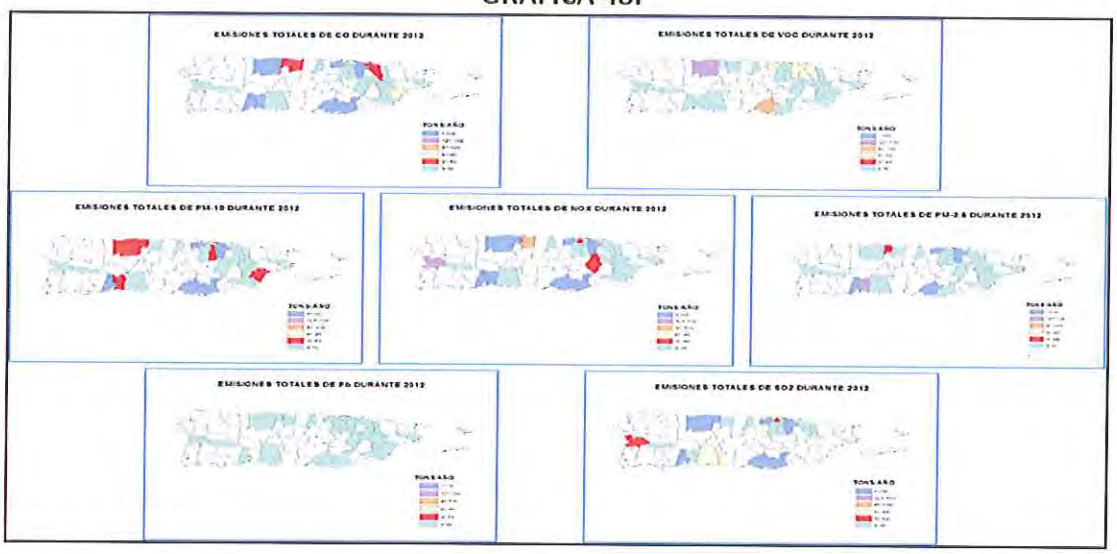
GRÁFICA 47:



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.